

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE. — N° 41

RECHERCHES

SUR

L'ANATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE

DE LA

RÉGION CILIAIRE DE LA RÉTINE

Sécrétion de l'humeur aqueuse.

Origine des fibres de la zonule de Zinn.

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE MÉDECINE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 24 Février 1910

PAR

Jacques MAWAS

Né le 23 Mars 1885, à Tantah (Egypte).

Ancien Moniteur des Travaux pratiques d'Histologie,
Préparateur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Lyon.



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

Février 1910

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE. — N° 41

RECHERCHES

SUR

L'ANATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE

DE LA

RÉGION CILIAIRE DE LA RÉTINE

Sécrétion de l'humeur aqueuse.

Origine des fibres de la zonule de Zinn.

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE MÉDECINE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 24 Février 1910

PAR

Jacques MAWAS

Né le 23 Mars 1885, à Tantah (Egypte).

Ancien Moniteur des Travaux pratiques d'Histologie,
Préparateur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Lyon.



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

Février 1910

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. HUGOUNENQ DOYEN.
J. COURMONT ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. CHAUVÉAU, AUGAGNEUR, MONOYER, SOULIER, TRIPIER, CAZENEUVE

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. LÉPINE
	TEISSIER
Cliniques chirurgicales	BARD
	PONCET
Clinique obstétricale et Accouchements	JABOULAY
Clinique ophtalmologique.	FABRE
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	ROLLET
Clinique des maladies mentales	NICOLAS
Clinique des maladies des enfants	PIERRET
Clinique des maladies des femmes	WEILL
Physique médicale	POLLOSSON (A.)
Chimie médicale et pharmaceutique	CLUZET
Chimie organique et Toxicologie	HUGOUNENQ
Matière médicale et Botanique	MOREL
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	BEAUVISAGE
Anatomie	GUIART
Anatomie générale et Histologie	TESTUT
Physiologie	RENAUT
Pathologie interne.	MORAT
Pathologie et Thérapeutique générales	ROQUE
Anatomie pathologique.	COLLET
Médecine opératoire	PAVIOT
Médecine expérimentale et comparée	POLLOSSON (M.)
Médecine légale.	ARLOING
Hygiène	LACASSAGNE
Thérapeutique	COURMONT (J.)
Pharmacologie	PIC
	FLORENCE

PROFESSEURS ADJOINTS

Physiologie, cours complémentaire	MM. DOYON
Maladies des oreilles, du nez et du larynx	LANNOIS,
Pathologie externe	VALLAS,
Maladies des voies urinaires	ROCHET.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Chimie minérale.	MM. BARRAL	agrégé
Propédeutique chirurgicale	BÉRARD,	—
Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN,	—
Chirurgie infantile.	NOVE-JOSSERAND, ag.	—
Accouchements	COMMANDEUR	—
Matière médicale	MOREAU	—
Embryologie	REGAUD,	—
Anatomie topographique	PATEL	—

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
SAMBUC	REGAUD	J. LEPINE	NOGIER
COURMONT (P.)	COMMANDEUR	LESIEUR	LATARGET, ch...
CHATIN	GAYET	Etienne MARTIN	BÉRIEL, ch...
VILLARD	NEVEU-LEMAIRE	LAROYENNE	BRETIN, ch...
TIXIER	PATEL	VORON	THEVENOT, ch...

M. BAYLE, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. RENAUT, *Président*; MORAT, *Assesseur*,
MM. DOYON, *Professeur*, et REGAUD, *Agrégé*.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

TRAVAUX DU MÊME AUTEUR

1. Le Canalicule urinaire du rein des Téléostéens (*Bibliographie Anatomique*, t. XV, fasc. IV, p. 215-221). (En collab. avec A. Policard.)
2. Le Tissu lymphoïde du rein des Téléostéens (*C. R. de l'Association des Anatomistes*, 9^e réunion, Lille, 1907, p. 25-29). (En collab. avec A. Policard.)
3. Caractères histo-chimiques des granulations des Mastzellen et rapport de ces corps avec la volutine des protistes (*C. R. Soc. de Biologie*, 22 février 1908, t. LXIV, p. 307-309). (En collab. avec A. Guilliermond.)
4. Origine de la fibrine. Discussion du rôle de la moelle osseuse (*C. R. Soc. de Biologie*, 30 mai 1908). (En collab. avec M. Doyon et Cl. Gautier.)
5. Recherches sur l'origine et la signification histologique des fibres de la zonule de Zinn (*C. R. de l'Association des Anatomistes*, 10^e réunion, Marseille, 1908, p. 73-78).
6. Note sur l'origine des fibres de la zonule de Zinn (*C. R. Soc. de Biologie*, 13 juin 1908, t. LXIV, p. 1029-1030).
7. Note sur l'action du grand sympathique sur l'accommodation (*C. R. Soc. de Biologie*, 28 novembre 1908, t. LXV, p. 515-516).
8. Sur la Structure de la rétine ciliaire (*C. R. Acad. des Sciences*, 14 décembre 1908).
9. Les Mitochondries de la glande lacrymale des Mammifères (*Bull. de la Société d'Ophtalmologie de Lyon*, février, 1909). (En collab. avec G. Dubreuil.)
10. Mitochondries et cils vibratils dans le rein des Téléostéens (*C. R. Soc. de Biologie*, 9 janvier 1909). (En collab. avec A. Policard.)
11. Sur les Mitochondries des glandes salivaires chez les Mammifères (*C. R. Soc. de Biologie*, 16 janvier 1909, t. LXVI, p. 97-99). (En collab. avec Cl. Regaud.)

12. Lésions du corps ciliaire dans la cataracte sénile (*C. R. Soc. de Biologie*, 13 mars 1909).
 13. Ergastoplasme et mitochondries dans les cellules de la glande sous-maxillaire de l'Homme (*C. R. Soc. de Biologie*, 20 mars 1909). (En collab. avec Cl. Regaud.)
 14. La Sécrétion de l'humeur aqueuse et la structure de la rétine ciliaire à l'état normal et pathologique (*Soc. d'Opht. de Lyon*, 1^{er} mars 1909).
 15. Sur la Structure du protoplasma (Ergastoplasma, Mitochondries, Grains de ségrégation) dans les cellules séro-zymogènes des acinis et dans les cellules des canaux excréteurs de quelques glandes salivaires de Mammifères (*C. R. de l'Association des Anatomistes*, 11^e réunion, Nancy, 1909, p. 220-237). (En collab. avec Cl. Regaud.)
 16. La Structure de la rétine ciliaire et la sécrétion de l'humeur aqueuse (*C. R. de l'Association des Anatomistes*, 11^e réunion, Nancy, avril 1909, p. 282-285).
 17. Note sur la Structure des cellules conjonctives de l'iris de l'Homme (*Bull. de la Société d'Opht. de Lyon*, 1^{er} juin 1909).
 18. Contribution à l'étude de la pathogénie des cataractes en général et de la cataracte sénile en particulier. Les lésions du corps ciliaire dans la cataracte sénile (*Revue Générale d'Ophtalm.*, novembre 1909).
 19. Un cas de conjonctivite de Parinaud. Examen anatomo-pathologique des bourgeons de la conjonctive (*Soc. d'Opht. de Lyon*, janvier 1910). (En collab. avec L. Genet.)
 20. Sur la Structure des cellules nerveuses ganglionnaires de la moelle amyélinique des cyclostomes (*C. R. Acad. des Sciences*, 10 janvier 1910).
 21. Lésions du corps ciliaire dans la cataracte naphthalinique expérimentale chez le lapin (*Soc. d'Opht. de Lyon*, 2 février 1910). (En collab. avec L. Aurand.)
-

RECHERCHES
SUR
L'ANATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE
DE LA
RÉGION CILIAIRE DE LA RÉTINE

Sécrétion de l'humeur aqueuse.
Origine des fibres de la zonule de Zinn.

INTRODUCTION

« Le problème de la physiologie et de la pathologie générale a pour objet les parties les plus intimes et les plus essentielles des organes, les éléments des tissus. »

« Il ne suffit pas de connaître anatomiquement les éléments organiques, il faut étudier leurs propriétés et leurs fonctions à l'aide de l'expérimentation la plus délicate, il faut faire en un mot l'histologie expérimentale. Tel est le but suprême de nos recherches, telle est la base de la médecine future. »

CL. BERNARD.

C'est en étudiant la physiologie des humeurs de l'œil et plus particulièrement celle de l'humeur aqueuse que l'idée première de ce travail nous est venue.

Nous nous trouvions alors, en ce qui concerne l'origine de l'humeur aqueuse, en face de deux hypothèses. D'une part, on admettait que l'humeur aqueuse est un produit de filtration des vaisseaux du corps ciliaire, et par conséquent assimilable à ce que l'on nommait

autrefois « la lymphe des tissus »; d'autre part, on prétendait qu'elle est un produit de sécrétion de la rétine ciliaire. La première opinion est la plus ancienne, c'est encore l'opinion aujourd'hui classique. La seconde n'est défendue que par quelques rares auteurs, elle n'a jamais été envisagée d'une façon complète, aussi ne possède-t-on à son sujet que des probabilités, et demeure-t-elle toujours une hypothèse vraisemblable, mais nullement démontrée. Une preuve de la plus haute importance manquait aux partisans de la sécrétion de l'humeur aqueuse, c'est la démonstration *histologique* de cette sécrétion. En effet, l'étude histologique de la portion ciliaire de la rétine était à faire avant d'entreprendre n'importe quel autre travail touchant; de près ou de loin, la question qui nous occupe. Dans ce cas particulier, l'expérimentation physiologique est tellement liée à l'examen histologique, qu'on ne peut l'en séparer sans nuire à l'ensemble des résultats. La structure de la rétine ciliaire nous indiquera dans quelle classe d'éléments doivent entrer les cellules qui la composent : toute variation physiologique s'accompagne de modifications du protoplasma; suivant la nature, l'intensité, le sens de l'acte physiologique, le protoplasma pourra se présenter sous des modalités différentes et caractéristiques, ce qui permet précisément de le classer. Or, que savons-nous à l'heure actuelle concernant la structure et la physiologie de la *pars anterior retinae*? Peu de chose, rien de précis.

L'étude cytologique de la rétine ciliaire, de ses modifications sous l'influence des réactifs couramment

employés dans la technique physiologique, de ses altérations pathologiques dans certaines affections s'accompagnant incontestablement de troubles dans la production de l'humeur aqueuse, s'imposait donc à nous.

Le problème, simple au début, se compliqua dans la suite et il a fallu l'envisager, en définitive, sous son triple aspect histologique, physiologique et pathologique. Par le fait même, les résultats obtenus furent plus nombreux ; il n'est pas dans notre intention de les publier tous ici. Notre but, plus modeste, est d'exposer le plus brièvement possible, la structure de la rétine ciliaire et les conséquences fonctionnelles qui en découlent. En d'autres termes, l'aspect des cellules nous indiquera si elles jouent un rôle quelconque dans la production de l'humeur aqueuse.

Un problème analogue s'est posé, il y a quelques années, à peu près dans les mêmes termes, en ce qui concerne la sécrétion de l'urine, et plus récemment celle du liquide céphalo-rachidien. On connaît bien aujourd'hui le rôle sécrétoire des tubes contournés du rein et des plexus choroïdes. Il n'en est pas de même de la rétine ciliaire qu'on considère généralement comme un épithélium composé de cellules cylindriques, ayant une structure très simple, sans caractères particuliers. Ne peut-on pas comparer les cellules de la *pars ciliaris retinæ*, à celles des plexus choroïdes ? CL. BERNARD écrivait déjà en 1859 : « Si nous passions en revue les organes des sens, nous aurions dans les milieux de l'œil à examiner un liquide qu'on peut rapprocher du liquide céphalo-rachidien, et qui ne contient non plus, ni albumine, ni fibrine, c'est l'humeur aqueuse..... »

L'origine si discutée des fibres de la zonule de Zinn est étroitement liée à la cytologie de l'épithélium ciliaire. Ce sont les cellules mêmes de cet épithélium qui, en réalité, leur donnent naissance, et ce sont ces mêmes fibres qui donnent cet aspect finement strié à l'ensemble des cellules, qui avait intrigué jadis M. SCHULTZE. C'est pourquoi nous avons été amené à étudier aussi la zonule dans ce travail. Cette étude ne le cède en rien comme intérêt à celle de la sécrétion de l'humeur aqueuse, parce que la zonule forme une partie importante de l'anatomie de l'appareil accommodateur ; c'est elle qui, en effet, transmet au cristallin, les modifications de forme du muscle ciliaire. Son importance est telle, qu'aujourd'hui le problème si complexe de l'accommodation de l'œil aux distances se réduit, en réalité, à savoir quelle est l'attitude et le rôle des fibres zonulaires, lors de la contraction du muscle ciliaire. Mais avant de faire l'anatomie descriptive de la zonule il faut s'entendre sur une série de points intéressants : son origine, ses rapports avec le corps ciliaire, sa signification histologique, ses réactions histochimiques, sa nature : toutes questions connexes.

On trouvera dans ce travail l'étude détaillée de ces questions, de même que certains détails concernant la structure des cellules pigmentaires, et la signification des limitantes externe et interne. Nous insisterons plus particulièrement sur certains faits nouveaux que nous avons été le premier à observer et que nous croyons devoir rapporter à des phénomènes sécrétoires, se passant dans les cellules qui composent ce qu'on appelle, depuis H. MÜLLER, la portion ciliaire de la

rétilne. Il s'agit, en effet, d'un épithélium véritablement actif, qu'on ne doit plus considérer comme un simple épithélium de revêtement, ou comme une modification sans importance physiologique d'une ou de plusieurs couches de la rétilne (J. MAWAS, 1908).

Les cellules de la *pars ciliaris retinæ* présentent manifestement les signes caractéristiques de l'activité glandulaire. Leur ensemble forme une barrière élective entre le sang et le tissu conjonctif d'un côté et le milieu intra-oculaire de l'autre. La production, la constance, et peut-être même l'absorption de l'humeur aqueuse en dépendent certainement. La nutrition du cristallin, l'équilibre tonométrique de l'œil, la constance de l'indice de réfraction des milieux dioptriques sont fonctions de l'intégrité de cet épithélium, comme l'indiquent ses altérations parfois considérables dans les affections du corps ciliaire et du cristallin. Ses modifications constantes dans le glaucome, l'iridocyclite, l'hydrophtalmie, affections caractérisées par un trouble de la nutrition de l'œil, consistant en une exagération ou en une diminution dans la production de l'humeur aqueuse, confirment notre façon de voir (J. MAWAS, 1909).

Le cristallin, on le sait, est entouré de toutes parts par l'humeur aqueuse, qui lui sert de milieu nutritif. Le moindre changement dans la concentration de ce liquide retentira à la longue sur la nutrition du cristallin. C'est le corps ciliaire qui nourrit le cristallin ; c'est ce qu'ont compris PETER et SALA, et tout récemment FOA et VITERBI, qui ont montré quel intérêt il y avait à étudier le corps ciliaire et la rétilne

ciliaire, et l'importance de l'altération de l'épithélium ciliaire dans les cataractes expérimentales. Nous avons décrit, dans la cataracte sénile chez l'homme, une altération marquée de cet épithélium, consistant en une vacuolisation du protoplasma et une destruction de ses éléments constitutants (mitochondries), accompagnées de pycnose nucléaire (J. MAWAS, 1909). Ces altérations dont nous venons de parler, contemporaines de lésions des endothéliums vasculaires ou consécutives à ces mêmes lésions, permettraient à des produits toxiques ou non, en tous cas, pour lesquels la rétine ciliaire est imperméable normalement, de passer dans la chambre antérieure et d'altérer les fibres cristalliniennes.

Nous avons donc raison de dire que la nutrition du cristallin dépend de l'intégrité de l'épithélium ciliaire. Le rôle physiologique primordial de la rétine ciliaire doit être enfin dégagé.

Ces quelques considérations, que nous empruntons à l'anatomie pathologique, justifient notre opinion et montrent tout l'intérêt de ce travail.

Tout récemment, TRANTAS (1907-1909), par un ingénieux procédé, fit l'ophtalmoscopie de la région ciliaire et décrivit, à la Société française d'ophtalmologie, les lésions ophtalmoscopiques de cette région dans le glaucome simple et chronique, dans les irido-cyclites et dans les yeux cataractés et séniles. Il mit ainsi à la portée de tout le monde le moyen simple et élégant d'observer sur le vivant les lésions que l'anatomie pathologique avait montrées.

Nous diviserons notre travail comme il suit :

CHAPITRE I. — *Description anatomique sommaire de la région ciliaire de la rétine.*

CHAPITRE II. — *Historique général de la région ciliaire de la rétine :*

- 1° Evolution de nos connaissances au sujet de la constitution et de la signification de la région ciliaire de la rétine.
- 2° Evolution de nos connaissances au sujet de la constitution et de la signification des fibres de la zonule de Zinn.

CHAPITRE III. — *Recherches personnelles.*

- 1° Objets d'étude.
- 2° Vue d'ensemble sur la rétine ciliaire. La couche pigmentée de l'épithélium.
- 3° Structure des cellules claires.
- 4° L'humeur aqueuse.
- 5° Formations exoplastiques des cellules : origine et nature des fibres de la zonule.

CONCLUSIONS.

Avant de commencer l'exposé de mes recherches personnelles, j'ai un devoir bien agréable à remplir, c'est celui de remercier ici mes maîtres de la Faculté et des Hôpitaux. Mes remerciements vont plus spécialement à ceux de mes maîtres dont j'ai eu l'honneur d'être particulièrement l'élève, et qui ont daigné me choisir comme leur collaborateur :

M. le professeur RENAULT, de l'Académie de Médecine ;

M. le professeur MORAT, correspondant de l'Académie de Médecine ;

M. le professeur DOYON, chef des travaux de physiologie ;

M. le professeur agrégé REGAUD, chef des travaux d'histologie.

Non seulement j'ai eu le rare bonheur de travailler à leurs côtés, mais encore ils m'ont honoré de leur amitié. J'ai constamment trouvé près d'eux l'accueil le plus bienveillant et l'hospitalité la plus charmante. Je les en remercie du fond du cœur.

Je remercie également M. le professeur ROLLET, chirurgien de l'Hôtel-Dieu, de l'intérêt qu'il m'a toujours porté.

Mes amis les D^{rs} DUBREUIL et POLICARD ont bien voulu illustrer ce travail. Ils l'ont fait avec le talent et l'amabilité qu'on leur connaît ; qu'ils reçoivent ici mes sincères remerciements.

Et qu'il me soit permis de dire en terminant quelle émotion j'éprouve en songeant à ce séjour de quelques années dans un pays que j'avais dès mon enfance appris à aimer et qui depuis, m'est devenu de plus en plus cher par son hospitalité souriante et les amitiés profondes que j'y ai rencontrées.

CHAPITRE PREMIER

DESCRIPTION ANATOMIQUE SOMMAIRE DE LA RÉGION CILIAIRE DE LA RÉTINE

On divise la rétine depuis longtemps en trois portions :

1° La portion postérieure, répondant à la choroïde, ou *portion choroïdienne* ;

2° La portion moyenne, correspondant au corps ciliaire, ou *portion ciliaire* ;

3° La portion antérieure, correspondant à l'iris, et qui forme son épithélium postérieur, la *portion irienne*.

Cette division de la rétine en trois régions n'est pas seulement justifiée par les rapports anatomiques qu'elle présente avec la membrane vasculaire — quoique cela eût suffi aux anciens anatomistes —, mais surtout par les différences d'aspect, de structure, et par le rôle physiologique, qui caractérisent chaque région. La rétine choroïdienne ou rétine proprement dite est une membrane hautement différenciée en vue des perceptions de lumière et de couleur ; elle présente une structure très compliquée. Elle ne ressemble en rien à la région ciliaire, réduite seulement à deux assises épi-

théliales, dont l'externe est pigmentée et l'interne claire ; cette région-ci garde chez l'adulte sa structure première, celle de la vésicule oculaire qui lui a donné naissance. Ces mêmes assises épithéliales, un peu plus loin, sur la face postérieure de l'iris, changent totalement d'aspect ; elles sont composées de cellules cubiques et se pigmentent fortement, de telle sorte que, sur des yeux légèrement pigmentés par ailleurs, il devient très difficile, voire même impossible, de distinguer les limites cellulaires et les noyaux.

L'objet de ce travail étant la rétine ciliaire, nous laisserons de côté les deux autres portions de la rétine, et nous tâcherons, en quelques pages, de décrire sommairement et d'après nos propres préparations, la rétine ciliaire pour faciliter la compréhension de ce qui va suivre et pour éviter de nombreuses redites, inévitables sans cela, dans l'exposé de nos recherches personnelles.

La région ciliaire de la rétine. — La région ciliaire de la rétine commence à l'*ora serrata*, un peu en avant de l'équateur de l'œil, et se termine à l'angle cilio-irien. C'est, en effet, au niveau de la ligne festonnée (*ora serrata*) que les couches de la rétine cessent plus ou moins brusquement, et cela différemment, suivant les animaux, et qu'apparaît, par une transition encore discutée, la rétine ciliaire sous forme d'un épithélium, composé de deux couches de cellules :

1° La *couche des cellules claires*, ou assise interne de la rétine ciliaire (épithélium clair des auteurs) ;

2° La *couche des cellules pigmentées*, ou assise

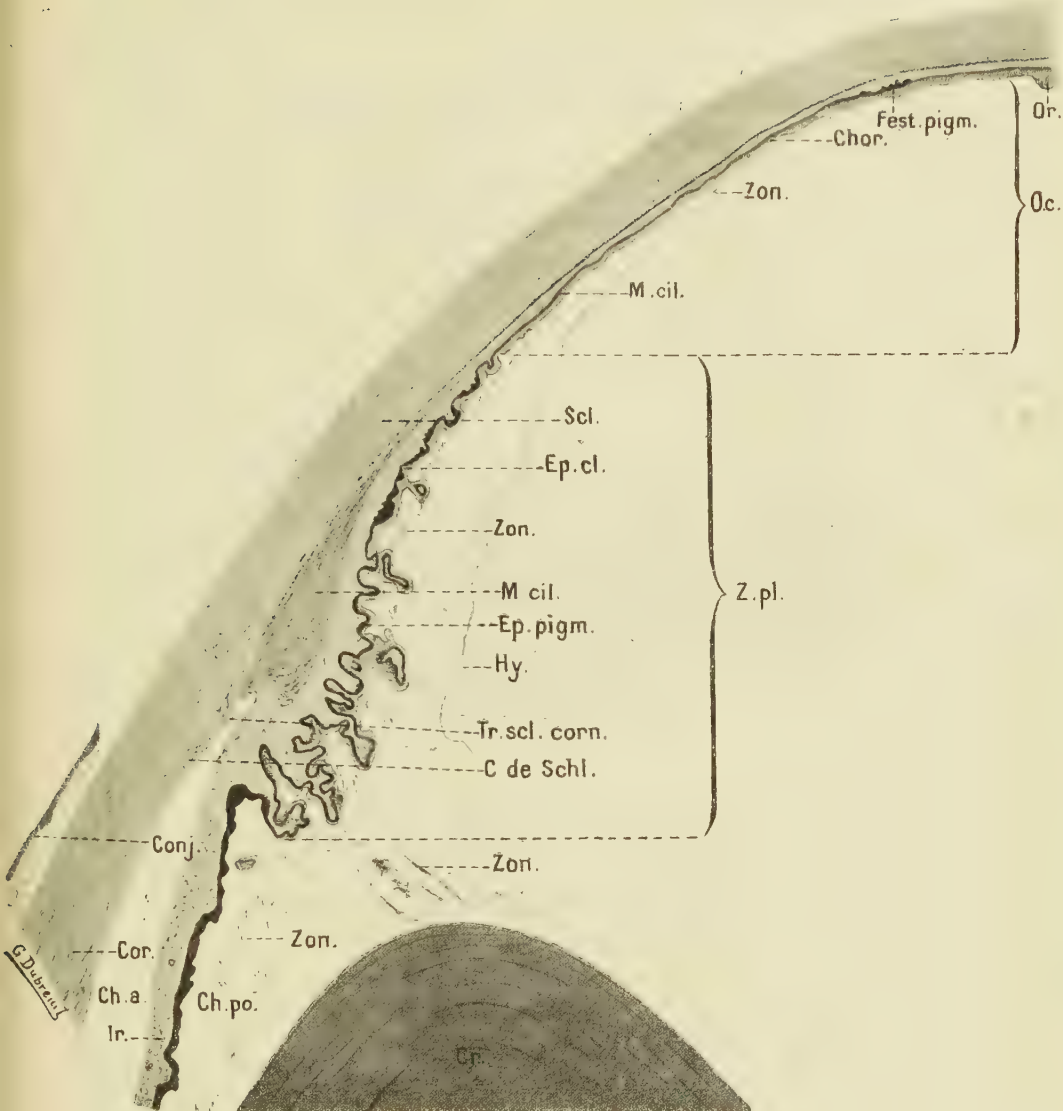


FIG. 1. — Œil humain normal. Coupe méridienne. (Formol 10 pour 100. Celloïdine. Hémalum-éosine.) Projection faite avec l'appareil d'EDINGER, sur tablette supérieure avec microplanar ZEISS. Grossissement, 20 diamètres.

C. de Schl. Canal de Schlemm. — *Ch. a.* Chambre antérieure, — *Ch.* Choroïde. — *Ch. pos.* Chambre postérieure. — *Co.* Cornée. — *Conj.* Conjonctive. — *Cr.* Cristallin. — *Ep. cl.* Epithélium clair (couche des cellules claires). — *Ep. pig.* Epith. pigmenté (couche des cellules pigm.). — *Fest. pig.* Festons ou franges pigmentés. — *Hy.* Hyaloïde. — *Ir.* Iris. — *M. cil.* Muscle ciliaire. — *O. c.* *Orbicularis ciliaris* ou zone lisse — *Or.* Ora serrata. — *Scl.* Sclérotique. — *Tr. scl. corn.* Trabécules scléro-cornéennes. — *Zo.* Zonule.

externe de la rétine ciliaire (épithélium pigmenté des auteurs)¹.

Dès son début, la rétine ciliaire recouvre régulièrement d'abord la partie lisse du corps ciliaire (*orbiculus ciliaris*), puis la partie correspondante du muscle accommodateur ; elle arrive ensuite sur les procès

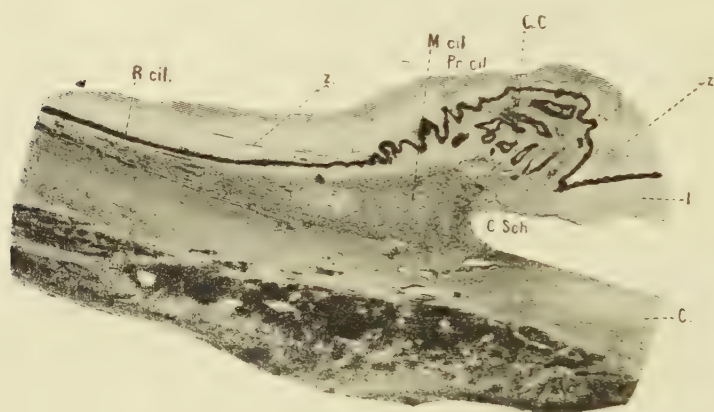


FIG. 2. — Corps ciliaire humain (coupe transversale).
Bichromate-acétique. Celloïdine. Hémalum-éosine. Micro-photographie.

C. Cornée. — C. C. Corps ciliaire. — C. Sch. Canal de Schlemm. —
I. Iris. — M. cil. Muscle ciliaire. — Pr. cil. Procès ciliaires. —
R. cil. Rétine ciliaire. — Z. Zonule.

ciliaires qu'elle double et dont elle suit les sinuosités parfois très complexes, pour venir enfin se terminer, cependant qu'elle se modifie, sur la face postérieure

¹ Il nous semble préférable, et d'ailleurs plus conforme à la réalité, de donner à l'épithélium clair le nom de couche des cellules claires, et à l'épithélium pigmenté le nom de couche des cellules pigmentées, parce qu'il n'y a, en réalité, qu'un seul épithélium à deux assises épithéliales, l'une pigmentée, l'autre sans pigment.

de l'iris. L'aspect des cellules étant différent suivant qu'on les considère, soit au niveau de l'*orbiculus ciliaris*, soit au niveau des procès ciliaires, il convient, surtout chez l'homme où ces différences sont très marquées, de considérer à la rétine ciliaire deux zones bien distinctes : 1° la *zone postérieure*, composée de cellules hautes, prismatiques, plus particulièrement chez l'homme, zone qui commence à l'*ora serrata* et finit immédiatement avant les procès ciliaires ; 2° la *zone antérieure* ou zone des procès ciliaires, constituée par des cellules de forme cubique. Ces deux zones portent aussi, la première le nom de *zone lisse*, la seconde celui de *zone plissée* (cf. fig. 1).

La longueur de la rétine ciliaire est très variable, non seulement chez les différentes espèces animales, mais encore chez les différents individus, et même suivant le côté (externe ou interne) de l'œil qu'on examine. C'est ainsi que chez l'homme, elle atteint son maximum de longueur, et que chez la plupart des vertébrés, son côté nasal est toujours moins long que son côté temporal ou externe. En d'autres termes, l'anneau formé par l'ensemble de la rétine ciliaire n'est pas exactement parallèle au bord de la cornée. Cette position oblique, par rapport à l'axe anatomique de l'œil, est due à la non-concordance des axes anatomique et visuel, l'orientation se faisant par rapport à l'axe visuel (Druault, 1908).

La rétine ciliaire diffère encore de la rétine proprement dite, d'abord par sa minceur beaucoup plus grande, ensuite parce qu'elle adhère intimement au tissu conjonctif sous-jacent, de telle façon qu'on ne

peut la décoller sans la déchirer. Un exemple remarquable de cette adhérence entre la rétine et la choroïde à ce niveau est celui que fournissent les décollements pathologiques de la rétine. On voit dans ces cas, la rétine optique complètement soulevée par l'exsudat, à l'exception de la partie antérieure toujours adhérente.

Les deux assises cellulaires qui forment la rétine ciliaire, sont limitées, en dehors par la lame vitrée de la choroïde, et en dedans par une mince cuticule, qu'on décrit généralement sous le nom de membrane basale interne, ou lame vitrée de BRUCKE et qui, dans l'esprit des auteurs, correspond à la limitante interne de la rétine. Il n'y a pas à proprement parler à ce niveau, pas plus d'ailleurs que sur la rétine optique, de membrane limitante proprement dite. Comme nous le montrerons au cours de ce travail, c'est la réunion de l'exoplasme des cellules, qui, en coupe transversale, apparaît comme une ligne ininterrompue, réfringente et qui en impose pour une membrane. Il en est de même, d'après nous, de la membrane anhiste, qui existerait d'après BERGER (1893) entre les deux couches de la rétine ciliaire, membrane qui n'a pu être mise en évidence par TERRIEN (1898).

Certains auteurs ont décrit enfin, entre les cellules de la couche claire, des éléments particuliers désignés par les uns, sous le nom de fibrilles, par les autres, sous le nom de dentelures, de crêtes d'empreinte. Nous verrons plus loin en détail, ce qu'il faut en penser ; disons cependant ici, que fibrilles, dentelures, crêtes d'empreinte, correspondent à l'insertion des

fibres zonulaires, que ces auteurs n'ont pu dégager, ou différencier suffisamment.

Les travaux récents de DAMIANOFF, de TERRIEN, de MAWAS, de WOLFRUM ont définitivement montré que la zonule de ZINN n'est qu'une dépendance de la rétine ciliaire ; son étude ne doit donc plus être séparée de celle de l'épithélium qui lui donne naissance.

Pendant longtemps considérée comme une dépendance du corps vitré, la zonule de ZINN fut décrite soit comme une membrane, soit comme un système de fibrilles, ayant, il est vrai, des rapports très intimes avec la rétine ciliaire, et qui rattachait le cristallin au corps vitré et au corps ciliaire, ce qui justifiait la dénomination de *ligament suspenseur du cristallin* que lui donna RETZIUS.

En réalité, la zonule de Zinn est un système de fibrilles élaborées, à la périphérie des territoires cellulaires de la couche des cellules claires, ce sont des productions exoplastiques de ces cellules.

En résumé, la rétine ciliaire doit être décrite au point de vue de l'anatomie descriptive de la façon suivante :

C'est un épithélium composé de deux couches de cellules dont l'externe pigmentée repose directement sur la choroïde, et dont l'interne non pigmentée est en rapport en arrière avec le corps vitré, en avant avec l'humeur aqueuse qui la baigne sur presque toute son étendue. Les cellules claires édifient à la périphérie de chaque élément cellulaire une série de fibrilles, *formations exoplastiques*, qui sont les fibres de la zonule de ZINN.

La différenciation protoplasmique périphérique de chaque cellule, l'exoplasme, constitue les membranes limitantes interne et externe de la rétine ciliaire. Mais encore une fois, il n'y a pas là de membrane proprement dite.

Nous allons maintenant étudier un peu plus en détail, la structure des couches de la rétine ciliaire et de ses productions exoplastiques.

A. — Couche des cellules claires.

Aussi bien chez l'homme que dans toute la série des vertébrés, la couche des cellules claires est composée d'éléments cubiques, rarement cylindriques, possédant chacun un noyau.

La structure de ces cellules chez les différentes espèces que nous avons particulièrement étudiées étant sensiblement la même à part quelques détails insignifiants, nous allons donner ici une description unique, quitte à la compléter plus loin si c'est nécessaire.

Convenablement fixées, ces cellules se présentent sous la forme d'une rangée d'éléments cubiques, limités périphériquement par une ligne de cuticulisation continue. Déjà sans coloration aucune et sur une coupe fixée par les vapeurs osmiques, on voit cet épithélium nettement limité, et cela sur toute son étendue. Les cellules semblent reposer du côté de l'épithélium pigmentaire, sur une ligne brillante, tranchant sur le fond jaune foncé du protoplasma. Du côté du corps vitré et de la chambre postérieure, il en est de même. Ces deux limites ne sont autre chose que l'aspect, vue sur

coupe transversale, et sur une grande longueur, de la ligne de cuticulisatation continue qui limite périphériquement chaque élément. Après coloration par l'hématéine-éosine, les limites cellulaires apparaissent plus nettement. Le protoplasma cellulaire semble strié dans le sens de sa longueur, lorsqu'il est bien fixé. Cette striation répond aux fibres zonulaires.

Le noyau, situé le plus généralement vers le pôle externe des cellules, est gros, rond ou ovalaire.

La couche des cellules claires représente à elle seule la rétine proprement dite, au niveau du corps ciliaire.

B. — Couche des cellules pigmentaires.

La couche des cellules pigmentaires fait suite à l'épithélium pigmentaire de la rétine en arrière, et se continue en avant avec la couche antérieure de l'épithélium irien. Elle est composée de cellules cubiques, de 10 μ en moyenne chez l'homme, fortement chargées en pigment, sous forme de gros grains arrondis.

Cette couche, contrairement à la précédente, ne se présente pas toujours, sous la forme d'un épithélium continu, unistratifié. Souvent, sa surface externe est accidentée par une série de prolongements, sortes de franges pigmentées, qui rentrent dans le tissu conjonctif du corps ciliaire. Ces formations existent particulièrement chez l'homme, où elles sont très développées. Elles siègent surtout, dans la partie postérieure du corps ciliaire, dans l'*orbiculus ciliaris*.

Ces prolongements ne sont autre chose que des bourgeons épithéliaux, des invaginations de cellules

pigmentée. Ils sont plus ou moins longs et affectent les aspects les plus divers, suivant que la coupe les intéresse plus ou moins obliquement. Quelquefois coupés perpendiculairement à leur axe, ces bourgeons se présentent comme des tubes pleins, bourrés de grains de pigment. Ils sont limités alors par la lame vitrée de la choroïde.

Ces bourgeons ne doivent pas être confondus avec ceux que peuvent former les deux couches réunies de la rétine ciliaire. Dans ce dernier cas, la couche des cellules pigmentaires, est toujours doublée d'une assise de cellules claires. C'est alors qu'il est quelquefois possible de voir ces invaginations épithéliales, s'ouvrir à la surface du corps ciliaire, dans la chambre postérieure. La raison de cette apparence réside dans la mauvaise conservation de l'épithélium, et doit être attribuée à un artifice de préparation. Jamais nous n'avons observé, en effet, l'ouverture des bourgeons pigmentés dans la chambre postérieure. Cela est facile à comprendre : nulle part la couche des cellules claires ne cesse un instant de séparer la couche des cellules pigmentaires de la chambre postérieure, à moins que des manipulations violentes, telles que la dépigmentation, ne l'aient détruite, sur quelques préparations traitées sans soin.

Normalement, aucun élément ne traverse la couche des cellules claires, à part bien entendu, quelques rares leucocytes qui vont mourir à sa surface. Il faut donc, en résumé, admettre que la rétine ciliaire de l'homme peut présenter des bourgeons épithéliaux de deux sortes :

1^o Ceux qui sont uniquement formés par la couche des cellules pigmentaires, auxquels il convient de donner le nom de *bourgeons épithéliaux pigmentés*.

2^o Ceux qui sont formés par les deux couches de cellules de la rétine ciliaire. les *bourgeons épithéliaux mixtes*.

Ce sont ces bourgeons qui ont intrigué un certain nombre d'auteurs ; nous ne leur aurions attaché qu'une importance minime, si COLLINS, BUCHANAN et d'autres n'y avaient vu des glandes sécrétant l'humeur aqueuse.

Cette opinion est insoutenable, nous verrons plus loin pourquoi. D'ailleurs, ces deux auteurs n'ont pas vu la différence qui existe entre les deux sortes de bourgeons que nous venons de décrire, différence importante à noter, et qui les aurait empêchés de décrire ces bourgeons comme des glandes spéciales.

C. — Formations exoplastiques de la rétine ciliaire.

Nous décrirons sous le nom de *formations exoplastiques de la rétine ciliaire*, ce qu'on comprend généralement sous le nom de *limitante interne de la rétine ciliaire* (lame vitrée de BRUCKE) ; de *limitante externe*, (membrane anhiste de Berger) et enfin de *fibres zonulaires*.

Les deux limitantes, les fibres zonulaires appartiennent manifestement à la couche des cellules claires. Les deux limitantes ne sont autre chose, comme nous l'avons déjà dit, que l'accolement en surface de

l'écorce protoplasmique, épaissie sous forme de cuticule des cellules formant l'ensemble de l'assise interne de la rétine ciliaire.

L'aspect strié des cellules claires est dû à une structure spéciale non pas du protoplasma, mais bien de la cuticule. L'exoplasme cellulaire est seul strié, il est traversé par une série de fibres, serrées les unes contre les autres et parallèles entre elles. En coupe transversale, ces cellules apparaissent comme une série de champs polygonaux, contenant chacun un noyau et limités par une cuticule hérissée de pointes régulièrement disposées, et donnant l'aspect d'un pointillé à l'exoplasme (cf. fig. 5. Pl. 1).

Ces fibrilles, qui appartiennent à l'exoplasme cellulaire, se continuent directement avec les fibrilles zonulaires, qui sont leurs prolongements. De là, ces fibrilles vont au cristallin et leur ensemble forme ce système compliqué de fibres qui traversent la chambre postérieure et constituent la zonule de ZINN, ou ligament suspenseur du cristallin. Voilà, en quelques mots, comment nous comprenons la zonule d'après nos recherches personnelles. Comme on le voit, nous sommes loin de l'opinion classique qui en fait des fibres du corps vitré, ou de la théorie plus récente, qui y voit un produit de sécrétion spéciale du protoplasma des cellules de la couche claire, ou même un simple prolongement de ce même protoplasma.

On trouvera de plus amples détails sur la structure de la rétine ciliaire dans le chapitre III, lors de l'exposé de nos recherches personnelles.

CHAPITRE II

HISTORIQUE GÉNÉRAL DE LA RÉGION CILIAIRE DE LA RÉTINE

PREMIÈRE PARTIE

ÉVOLUTION DE NOS CONNAISSANCES AU SUJET DE LA CONSTITUTION ET DE LA SIGNIFICATION DE LA RÉGION CILIAIRE DE LA RÉTINE.

Notre but n'est pas de faire ici un historique complet de la rétine ciliaire¹. Rapporter en détail l'histoire complète de cette région, nous obligerait à entrer dans une série de développements, d'expositions de faits d'intérêt minime et de controverses, qui alourdiraient outre mesure ce chapitre, sans profit, d'ailleurs, pour l'intelligence de ce qui va suivre.

En réalité, l'histoire de la rétine ciliaire est simple ; si on veut bien s'en tenir aux grandes lignes, un tableau sommaire suffira.

On peut diviser en deux grandes périodes l'historique général de la région ciliaire de la rétine.

¹ On trouvera l'historique complet de la question dans un travail qui va paraître bientôt : *le Corps Ciliaire* dans la *Revue Générale d'Histologie*, publiée par mes maîtres MM. RENAUT et REGAUD.

La première période comprend les travaux faits de 1836 à 1883, la seconde période, ceux faits de 1883 à 1910.

La première période pourrait s'appeler la période anatomique; on s'occupait surtout de savoir si la rétine ciliaire avait quelques rapports avec la rétine proprement dite, quels étaient les éléments de la rétine qui formaient l'épithélium ciliaire, etc., etc... Dans la seconde période, on s'occupe surtout d'étudier la rétine ciliaire à un point de vue physiologique : celui de savoir si elle joue un rôle quelconque dans la production de l'humeur aqueuse.

Nous rapporterons brièvement et successivement ces deux périodes.

A. — Période anatomique.

VALENTIN (1835), BIDDER (1840), KRAUSE (1842), connaissaient parfaitement bien l'étroite parenté qui existe entre l'épithélium ciliaire et la rétine. Il en est de même de tous les auteurs que nous allons citer à l'exception de HANNOVER (1876) qui persiste à croire que la rétine s'arrête à l'*ora serrata* et qu'elle n'a aucun rapport avec l'épithélium qui lui fait suite et qui double le corps ciliaire.

La discussion portait à cette époque sur la question de savoir à quels éléments de la rétine proprement dite correspondent les cellules de la rétine ciliaire. En ce qui concerne la couche des cellules pigmentaires, il n'y avait aucun doute, c'était la continuation, presque sans modification essentielle, de l'épithélium pigmentaire de

la rétine. Il n'en était pas de même pour la couche des cellules claires. VALENTIN, BIDDER, KRAUSE s'accordaient à penser que les *fibrilles*, les *globules* et les *granules*, c'est-à-dire toute la majeure partie de la rétine, s'y prolongeait, tandis que HENLE (1841) y voyait une modification des *cellules granuleuses* seules. PAPPENHEIM (1842), de son côté, pensait que c'était au contraire les bâtonnets qui dépassaient l'*ora serrata* pour former ces cellules. HUSCHKE (1845) n'était pas de cet avis : les cellules de la couche claire ressemblent bien plus aux *granules* qu'aux bâtonnets.

KÖLLIKER (1854, 1857) les assimile aux fibres radiaires de la rétine. Il prétend même avoir observé leur formation par modification directe des cellules des fibres radiaires raccourcies. H. MÜLLER (1857), HENLE (1866), sont du même avis. Quelques années plus tard, M. SCHULTZE (1870) en donne une description assez précise et les compare, lui aussi, aux éléments de soutien de la rétine.

Seul, MANFREDI (1870) les décrit comme des cellules épithéliales, n'ayant aucun rapport avec le système de soutien de la rétine.

Les travaux récents ne sont guère d'accord sur la signification de ces cellules : NICATI (1890) admet que ce sont les cellules ganglionnaires de la rétine qui semblent se transformer en cellules épithéliales cylindriques. Pour TERRIEN (1898), c'est la couche granuleuse interne, qui leur donne naissance.

La majorité des auteurs que nous venons de citer, décrivent la couche des cellules claires comme composée d'une seule sorte d'éléments cellulaires, qu'ils

cherchent à identifier avec d'autres éléments plus ou moins semblables dans la rétine optique. Au contraire, SCHWALBE (1874), BRAILEY (1879), MERKEL (1870), TERRIEN (1898), BERGER (1903), VENNEMAN (1903), considèrent la rétine ciliaire comme formée de deux sortes d'éléments, les *cellules* proprement dites et les *fibrilles*. Ces dernières enveloppent les cellules comme dans un filet et les séparent les unes des autres. Ce sont précisément les fibrilles et non les cellules, qui sont les homologues des fibres de soutien de la rétine pour SCHWALBE, tandis que, pour BRAILEY, au contraire, ce sont les cellules qui sont les homologues des fibres de soutien. Ni l'un ni l'autre de ces auteurs ne nous donne les raisons de son opinion.

Quelques rares auteurs, à la suite de BRÜCKE (1847), tels que CLAEYS (1886), HOCQUART et MASSON (1883), se sont abstenus de chercher les homologues qui peuvent exister entre la rétine proprement dite et sa portion ciliaire; pour eux, la région ciliaire de la rétine, est tout simplement la portion antérieure de la vésicule oculaire secondaire, non différenciée en vue du phénomène de la vision et qui garde chez l'adulte, sa structure primitive, sa constitution embryonnaire.

Voilà, rapidement esquissé, l'historique des opinions des auteurs sur la signification des cellules de la couche claire de la rétine ciliaire. Nous allons maintenant passer en revue les découvertes ayant trait à la structure de ces mêmes cellules.

C'est KÖLLIKER (1854), qui donna le premier une description assez complète des cellules de la rétine ciliaire : il signale la présence de dentelures sur les

bords et les côtés des cellules et découvre la membrane qui les limite du côté de la chambre postérieure. Ces cellules forment, disait-il, un épithélium incolore sans connexion avec la rétine. Il ne tarda pas à abandonner cette façon de voir, et vit la transformation de ces cellules en fibres radiaires.

La description de H. MÜLLER (1857) est conforme en tous points à celle donnée par KÖLLIKER.

SCHWALBE (1874) semble être le premier auteur, qui ait noté la ressemblance de la couche des cellules claires avec un épithélium glandulaire.

Mais c'est dans l'article de M. SCHULTZE, sur la rétine, paru dans le *Handbuch* de STRICKER (1873), que nous trouvons, pour la première fois, une description détaillée de la *pars ciliaris retinae*. Depuis son apparition jusqu'à nos jours, on n'a rien ajouté à ce travail — aussi complet qu'il pouvait l'être à l'époque où il fut écrit, — au contraire, certains détails du plus haut intérêt sont laissés dans l'oubli par presque tous les auteurs qui, depuis, se sont occupés de l'histologie de cette partie de la rétine. Les observations de SCHULTZE ont porté sur des yeux humains fraîchement énucléés et fixés dans des solutions d'acide osmique. Les cellules composant la couche claire apparaissent sous des apparences diverses. Le plus ordinairement, chaque cellule revêt la forme d'un prisme allongé, d'où, pour l'ensemble des cellules, la forme caractéristique d'un épithélium cylindrique. Par sa base plane, la cellule est en rapport avec une cellule de l'épithélium pigmentaire, situé au dessous. Le protoplasma est finement strié dans le sens longitudinal, bien qu'il soit indivis et qu'en dernière

analyse, on ne puisse le résoudre en fibrilles. Il se colore en brun clair par l'acide osmique. Il contient un gros noyau hyalin, dont la situation est loin d'être fixe ; on le voit tantôt à la partie interne, tantôt à la partie externe de la cellule. A part sa striation, le protoplasma ne présente aucune autre structure visible, il ne contient aucune enclave figurée.

Voilà tout ce qu'on sait de précis sur la structure des cellules de la rétine ciliaire ; comme on le voit, c'est peu de chose. On ignore même à quoi peut correspondre cette striation protoplasmique, décrite par SCHULTZE. Les auteurs modernes n'ont rien ajouté à cette description.

B. — Période physiologique.

En première ligne et pour inaugurer la période physiologique de l'histoire de nos connaissances sur la rétine ciliaire, signalons un intéressant travail de BOUCHERON (1883), présenté à la première réunion de la *Société française d'Ophtalmologie*.

BOUCHERON compare l'épithélium primitif de la vésicule oculaire secondaire, avec les cellules ectodermiques primitives, dont les unes forment le neuro-épithélium, tandis que les autres, subissant une différenciation moins élevée, deviennent d'une part l'épithélium de revêtement ou épiderme, et, d'autre part, l'épithélium sécréteur de la sueur et du sébum. Il applique à la rétine ciliaire l'opinion de RANVIER sur l'analogie qui existe entre les divers dérivés du neuro-épithélium primitif. Tandis que, au cours du développement, la presque totalité de l'épithélium primitif de la vésicule

oculaire secondaire se différencie en éléments nerveux et forme en définitive la rétine optique de l'adulte; la partie antérieure de la vésicule demeure à l'état de simple épithélium, comme l'avait déjà dit BRÜCKE, mais d'épithélium sécréteur, comme l'avait fait pressentir SCHWALBE.

BOUCHERON affirme que la rétine ciliaire et l'épithélium postérieur de l'iris, qui lui fait suite, sécrètent l'humeur aqueuse; et que la portion qui recouvre l'*orbiculus ciliaris* sécrète la mucine de l'humeur vitrée. La portion qui sécrète l'humeur aqueuse, c'est l'*épithélium aquipare*, celle qui sécrète la mucine du corps vitré, l'*épithélium vitréipare*. Le travail de BOUCHERON est tout entier basé sur des analogies. Il ne contient aucun fait nouveau en faveur d'une sécrétion quelconque.

Il note la ressemblance de l'épithélium ciliaire avec l'épithélium épéndymaire, et celui qui revêt l'intérieur des synoviales : la disposition macroscopique de procès ciliaires ne ressemble-t-elle pas aux franges et plis synoviaux? Mais, à part ces analogies d'ordre anatomique, quelles sont les raisons sur lesquelles BOUCHERON s'appuie pour affirmer, sans aucune restriction, la sécrétion de l'humeur aqueuse? C'est d'abord que l'humeur aqueuse possède la propriété singulière de détruire les globules blancs, fait observé par M. RANVIER (1883-84); de détruire les fibres cristalliniennes, comme on le voit à la suite d'une déchirure de la cristalloïde (formation consécutive de cataracte), enfin d'altérer profondément les éléments cellulaires de la cornée. Elle n'est donc pas de la « lymphe ».

Ce sont ensuite les expériences de SCHÖLER, d'ULRICH, de PFLÜGER, qui ont montré que les liquides nécessaires à la formation de l'humeur aqueuse, proviennent, comme le montrent les injections de liquides colorés, dans les vaisseaux de la tête, des procès ciliaires et de la surface postérieure de l'iris. Reste la mucine du corps vitré. Quelle est son origine, d'où provient-elle et comment? Les cavités closes de l'économie renferment de la mucine, les synoviales en particulier, dit BOUCHERON. Or, ce sont les cellules épithéliales tapisant ces cavités qui sécrètent la mucine. Donc...

D'ailleurs, RANVIER n'a-t-il pas écrit que tous les revêtements épithéliaux sont, en somme, des glandes étalées en surface?

Sans insister plus longtemps sur ce sujet, faisons remarquer le peu de solidité de toutes ces assertions et le danger du raisonnement exclusivement fondé sur des analogies. La destruction par l'humeur aqueuse de certains éléments organiques, si intéressante qu'elle soit, et malgré toute l'importance qu'on veut bien lui donner, n'est nullement suffisante pour affirmer que l'humeur aqueuse est un produit de sécrétion, et encore moins pour affirmer que c'est l'épithélium ciliaire qui en est le siège. Cela prouve tout simplement que l'humeur aqueuse diffère de la lymphe.

Le travail de BOUCHERON, tout important qu'il est, — par l'idée du rôle glandulaire de la rétine ciliaire, idée que nous trouvons émise pour la première fois dans ce travail, — se réduit, en dernière analyse, à une simple hypothèse : son travail ne mentionne dans l'épithélium ciliaire aucune formation, aucun détail de

structure caractéristique des épithéliums sécréteurs. L'auteur, en tous cas, avait une notion toute spéciale de la sécrétion, à en juger par cette conclusion faite pour nous étonner, à savoir que « le tractus uvéal, considéré dans son revêtement épithélial, est une séreuse particulière ».

PONCET (de Cluny) faisait remarquer, dans la même séance, que les assertions de BOUCHERON ne sont que des hypothèses. L'une d'elles notamment, très ancienne, a été souvent soutenue, c'est celle de l'assimilation de la choroïde à une séreuse.

En 1889, NICATI envoie une note à l'*Académie des Sciences* sur la disposition et le fonctionnement normal et pathologique d'un véritable appareil glandulaire dans l'œil des mammifères. Après plusieurs autres notes préliminaires, il fait paraître un travail d'ensemble dans les *Archives d'Ophtalmologie*, en 1890. Ce travail comprend trois parties, une partie histologique, une partie physiologique et une partie pathologique. Nous nous occuperons ici de la première partie de ce mémoire.

Disons de suite que, comme BOUCHERON, NICATI admet que l'humeur aqueuse est un produit de sécrétion, et qu'elle est sécrétée par la couche des cellules claires de la rétine ciliaire, depuis l'*ora serrata* jusqu'à la naissance de l'iris.

NICATI ne se contente pas, comme l'avait fait son devancier, d'étudier l'épithélium ciliaire. Il étudie en même temps, un appareil musculaire (muscle ciliaire, fibres musculaires de la choroïde), un appareil nerveux, des conduits sécréteurs pour amener l'humeur à

l'orifice pupillaire, un réservoir, la chambre antérieure, et enfin un appareil d'excrétion ou d'absorption, l'iris. La question, comme on le voit, prend une extension démesurée. Il nous semble que NICATI l'a rendue beaucoup plus complexe qu'elle ne l'est en réalité. Il ne nous paraît pas nécessaire de rapporter en détail ses descriptions. La partie histologique de son travail ne mérite guère qu'on s'y attarde, à en juger par les exemples suivants :

1° L'auteur voit sur le ligament suspenseur du cristallin du lapin *adulte*, des globules rouges, ils sont, dit-il, « le vestige de l'organe vasculaire qui occupe ce point avant la naissance, la *tunica vasculosa lentis* ». Il est vrai que sur un œil de vieux chien, il lui a été impossible de trouver ces globules, « cela doit être attribué, soit à l'âge de l'animal, soit peut-être aussi à son espèce ». Cela peut être aussi attribué, devons-nous ajouter, à la façon dont les pièces ont été prélevées et fixées. Les deux yeux en question ont « macéré », l'un pendant « deux mois », l'autre pendant « plusieurs mois » dans une solution de « sublimé au millième ! »

2° NICATI considère le ligament suspenseur du cristallin comme formé d'une membrane tenace, de fibres rigides et de fibres lâches et ondulées; l'ensemble de ces formations serait, lui aussi, un vestige de l'ancienne tunique vasculaire du cristallin;

3° L'auteur admet enfin la présence du canal godronné de PETIT qui, d'après lui, servirait de voie d'écoulement de l'humeur aqueuse.

Retenons encore que, d'après NICATI, ce sont les

cellules ganglionnaires de la rétine optique qui semblent se transformer en les cellules épithéliales cylindriques de la rétine ciliaire.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que le travail de NICATI n'a guère fait avancer la question, tout au moins au point de vue histologique, le seul qui nous intéresse ici.

Presque en même temps que les travaux de NICATI, paraissait, une note de COLLINS (1890) sur les glandes du corps ciliaire de l'œil humain. Jusqu'alors, on ne tenait compte que de la couche des cellules claires; il s'agissait d'un épithélium glandulaire, mais non de véritables glandes. COLLINS vient affirmer qu'il existe dans le corps ciliaire des glandes proprement dites; ces glandes, en nombre parfois considérables, sont formées par la couche des cellules pigmentées et non par celles des cellules claires. Les cellules pigmentaires forment des invaginations, pénètrent dans le tissu conjonctif sous-jacent. Ces prolongements sont surtout grands et nombreux à la limite postérieure de la partie sillonnée du corps ciliaire. Coupés transversalement, ces prolongements apparaissent comme des tubes; ils possèdent une petite lumière centrale. Ce sont ces prolongements qui sont les glandes sécrétant l'humeur aqueuse et le liquide nutritif du corps vitré.

GRIFFITH (1894) s'élève avec vigueur contre cette assertion. Les tubes glandulaires, décrits par COLLINS, sont une erreur d'interprétation. En effet, lorsqu'on veut faire une coupe méridienne du globe oculaire, passant par les procès ciliaires, et il est très difficile de

ne pas couper obliquement plusieurs plis de ces procès. Les intervalles laissés entre les plis apparaissent alors sur les coupes, comme des culs-de-sac glandulaires. Les invaginations épithéliales, décrites par COLLINS, jouent certainement un rôle dans la formation du pigment, elles sont plus abondantes dans les yeux de couleur foncée, moins développées dans les yeux bleus et manquent totalement dans les yeux albinos. Ce qui est une preuve de leur non-intervention dans la sécrétion de l'humeur aqueuse. GRIFFITH, qui a repris les expériences de GREEF sur la production de l'humeur aqueuse après la ponction de la chambre antérieure, arrive aux mêmes résultats que cet auteur, à savoir que l'humeur aqueuse se produit dans le tissu conjonctif du corps ciliaire et que l'épithélium ciliaire n'y prend aucune part. Car, sous la poussée liquide qui lui vient à ce moment du tissu conjonctif, il se laisse décoller. Le liquide coagulé qu'on observe entre les cellules et qui les écarte fortement, présente le même aspect que celui qui remplit la chambre antérieure. GRIFFITH considère ces faits comme une exagération du processus normal de la production de l'humeur aqueuse : il n'y a pas, à proprement parler, une sécrétion, mais une sorte d'exsudation lymphatique.

BUCHANAN (1897) n'est point de cet avis. Il y a de véritables glandes dans le corps ciliaire. Les formations glandulaires décrites par COLLINS existent réellement et sécrètent l'humeur aqueuse.

ROCHON-DUVIGNEAUD (1895), sans faire une étude spéciale de la question, écrit dans son *Précis iconographique* :

« Un autre caractère de la rétine ciliaire, pouvant être relatif également à des fonctions sécrétoires, consiste dans son peu de pigmentation au niveau des crêtes ciliaires, qui ont une coloration non plus noire, mais gris clair » (p. 61).

Trois ans plus tard, dans son remarquable ouvrage écrit en collaboration avec PANAS sur le glaucome et les néoplasmes intra-oculaires, on lit à la page 55 :

« Il ne faut pas oublier que les vaisseaux du corps ciliaire sont séparés des vallées ciliaires et de la chambre postérieure par une double couche épithéliale dont l'ensemble a été souvent désigné sous le nom de glande ciliaire et justement, sans doute, tout au moins au point de vue physiologique. Et, si Cl. BERNARD a montré que l'hyperhémie était la condition habituelle de la sécrétion glandulaire, LUDWIG a ajouté que cette condition n'était pas suffisante et qu'il fallait, en outre, l'intervention des nerfs sécrétoires, distincts des vasomoteurs, c'est-à-dire des nerfs qui font contracter le protoplasma cellulaire pour en exprimer le produit de sécrétion. Sans vouloir affirmer qu'il en est exactement ainsi pour la soi disant glande ciliaire qui, au point de vue anatomique, n'est point une glande, il n'en est pas moins certain que l'épithélium des procès ciliaires avec ses particularités anatomiques (absence de pigmentation au niveau des crêtes, etc.) dénotant une adaptation spéciale, doit avoir dans la sécrétion de l'humeur aqueuse un rôle actif. »

La même année paraît la thèse inaugurale de TERRIEN (1898) intitulée *Recherches sur la structure de la*

répine ciliaire et l'origine des fibres de la zonule de Zinn. La majeure partie de ce travail consciencieux sera analysée lorsque nous ferons l'histoire de la zonule. Retenons simplement pour le moment que, pour TERRIEN, sur toute l'étendue du corps ciliaire et quelle que soit la région considérée, on trouve entre les cellules « des fibrilles très nombreuses qui donnent au protoplasma une apparence fibrillaire et ne sont autre que les fibres de soutien de la rétine proprement dite se continuant dans toute l'étendue de la rétine ciliaire, dont elles forment le squelette ». On a eu tort, dit TERRIEN, de confondre les cellules claires avec les fibres de soutien. Il est facile de montrer leur autonomie. On peut ou bien employer le procédé de BERGER à l'acide chlorhydrique et à la pepsine, ou bien l'euchlorine, qui font disparaître les cellules pour ne laisser en évidence que les fibrilles.

TERRIEN considère donc que la rétine ciliaire est formée de deux éléments : les cellules et les fibrilles, tout comme l'avait fait avant lui SCHWALBE et BRAILEY. Les fibrilles seraient l'homologue des fibres de soutien de la rétine ; les cellules continueraient directement la couche granuleuse interne, comme ARNOLD, HENLE et d'autres l'avaient déjà dit.

TERRIEN, aussi bien que DAMIANOFF (1900) et que SALZMANN (1900), passent sous silence le rôle sécrétoire de la couche des cellules claires du corps ciliaire.

GREEFF (1900) admet que les cellules de la rétine ciliaire, quoique se continuant directement avec la rétine proprement dite, ont des caractères glandulaires manifestes. Lesquels ? GREEFF n'en cite aucun,

ce qui ne l'empêche pas d'écrire : « Toute la surface du corps ciliaire est une surface glandulaire. »

Nous arrivons, en 1903, au premier volume de l'*Encyclopédie française d'ophtalmologie* et nous y trouvons trois opinions différentes sur la rétine ciliaire et sur sa structure, soutenues successivement par E. BERGER (1903), VENNEMAN (1903) et ROCHON-DUVIGNEAUD (1903).

Ce dernier auteur écrit qu'à partir de l'*ora serrata*, le feuillet interne de la vésicule oculaire secondaire reste à l'état de couche unique de cellules prismatiques incolores et sécrétoires sans nous dire pourquoi ces cellules sont sécrétoires.

BERGER et VENNEMANN décrivent dans la rétine ciliaire deux éléments : les cellules et les fibrilles. Ils ne nous disent rien de précis sur les cellules, leur signification et leur rôle. Quant aux fibrilles, seul BERGER les assimile aux fibres radiées de la rétine.

VENNEMANN refuse énergiquement aux cellules claires de la rétine ciliaire un rôle sécrétoire quelconque, elles n'ont aucun des caractères anatomiques des cellules glandulaires. Le revêtement cuticulaire qui les garnit les ferait plutôt ranger parmi les cellules de revêtement. L'humeur aqueuse d'ailleurs ne renferme aucun principe particulier capable de la faire ranger parmi les produits de sécrétion. Il ne faut donc pas parler de sécrétion de l'humeur aqueuse.

C'est aussi l'avis d'HENDERSON et LANE-CLAYPON (1907). Ces deux auteurs se sont demandé s'il n'existe pas dans l'épithélium ciliaire des formations figurées, spécialement des grains, qui pourraient les renseigner

sur la nature de cet épithélium et sur son activité sécrétoire. Car, malgré ses expériences, HENDERSON ne peut s'empêcher de constater une fois de plus, d'une part, la différence qui existe entre la teneur en albuminoïde du sérum sanguin et de l'humeur aqueuse et, d'autre part, la différence entre les pressions osmotiques de ces deux liquides. Faisons observer en passant que ce dernier fait montre avec évidence le rôle que joue l'épithélium qui recouvre le corps ciliaire dans la modification du liquide transsudé des vaisseaux et qui forme l'humeur aqueuse.

HENDERSON et LANE-CLAYPON constatent que, normalement, l'épithélium en question ne contient aucune formation colorable, aucun grain. Ils ont cependant fixé leurs pièces par le sublimé, les mélanges d'ALTMANN, d'HERMANN, de GILSON. Ils les ont colorées différemment; l'hématoxyline au fer, aussi bien que les autres colorants, ne leur ont pas permis de déceler dans le protoplasme de ces cellules la présence d'aucune granulation, non plus qu'aucune modification de la chromatine nucléaire.

Il ressort clairement de ce travail, le seul qui ait été fait pour chercher des phénomènes de sécrétion dans l'épithélium ciliaire, que cet épithélium n'a aucune structure particulière et qu'il ne joue aucun rôle actif dans la sécrétion de l'humeur aqueuse.

J. MAWAS. — Recherches sur l'anatomie et la
physiologie de la région ciliaire de la rétine.

Thèse de doctorat en Médecine, n° 41,
Université de Lyon, février 1910.



EXPLICATION DES PLANCHES

(RENVOIS COMMUNS AUX DEUX PLANCHES)

<i>E.C.</i> Couche des cellules claires.	<i>N.</i> Noyau.
<i>E.P.</i> Couche des cellules pigmentées.	<i>O.Fz.</i> Origine des fibres zonulaires.
<i>F.Z.</i> Fibres zonulaires.	<i>T.Co.</i> Tissu conjonctif.
<i>L.C.</i> Limites cellulaires.	<i>m.</i> Mitochondries.
<i>L.Ext.</i> Limitante externe.	<i>v.</i> Vésicule à cristalloïde(?).
<i>L.Int.</i> Limitante interne.	<i>p.</i> Pigment.
	<i>v.l.</i> Vésicule lipoïde.

PLANCHE I

Toutes les figures ont été dessinées à l'aide de la chambre claire de ABBE, l'image étant projetée sur la table de travail.

Le grossissement était celui fourni par la combinaison : ZEISS, apochr. 2 millimètres 1,40 et oculaire compensateur n° 4, le tube étant tiré à 160 mm.

FIGURE 1. — *Rétine ciliaire. Homme. Liq. de Tellesnitsky. Mordançage chromique. Hématoxyline au fer.* Cette figure montre spécialement dans les cellules de la couche claire, les formations mitochondriales (*m*) et les vésicules lipoïdes (*v, l.*).

FIG. 2. — Même préparation que la précédente, mais cellules de l'*orbiculus ciliaris*. On voit dans ces cellules les formations mitochondriales (*m*).

FIG. 3. — *Rétine ciliaire. Lapin albinos. Liq. de Mann. Hématoxyline au fer.* Cette figure représente les rapports des fibres zonulaires avec les cellules claires. Les fibres zonulaires ne se voient que dans la couche des cellules claires.

FIG. 4. — *Rétine ciliaire. Lapin albinos. Liq. de Zenker. Hématoxyline au fer. Eosine.* Les fibres zonulaires (F. Z.) naissent entre les cellules claires et à leurs périphéries. Les cellules comme dans la figure 3, sont nettement limitées et ne montrent aucun prolongement protoplasmique.

FIG. 5. — Même préparation que la précédente. Coupe transversale des cellules de la couche claire. On voit manifestement sur cette figure, que les fibres zonulaires (F. Z.) naissent exclusivement à la périphérie des territoires cellulaires.

PLANCHE II

Toutes les figures ont été dessinées à l'aide de la chambre claire de ABBE, l'image étant projetée sur la table de travail. La figure 1 a un grossissement donné par la combinaison immersion hom. 1/12 de NACHET et oculaire compens. n° 4 de ZEISS. Les autres figures ont le grossissement fourni par obj. apochr. imm. hom. 2 millimètres 1,40 de ZEISS, combiné avec l'ocul. comp. n° 12 de ZEISS pour la figure 3; et n° 4 pour les autres figures.

FIGURE 1. — *Rétine ciliaire de lapin.* Coupe perpendiculaire en un point, tangentielle en un autre à la surface du corps ciliaire. Liq. de BOUIN, Giemsa. Vue d'ensemble des rapports des fibres zonulaires avec le corps ciliaire. Les fibres zonulaires (O. F. z.) et (F. Z.) proviennent des cellules de la couche claire (E. C.).

FIG. 2. — *Lapin albinos Liq. de BOUIN. Hématoxyline ferrique.* Cette figure montre que les fibres zonulaires (F. Z.) proviennent de l'épithélium clair (E. C.) Elle montre aussi le phénomène de la variation de chromaticité des noyaux.

FIG. 3. — *Chat. Bichromate-formol. Bichromate à 3 pour 100. Hématoxyline ferrique* (méthode de REGAUD). Mitochondries (m.) dans les cellules claires.

FIG. 4. — *Chat.* Même technique que fig. 3. Différences dans l'aspect des cellules et leur teneur en mitochondries.

FIG. 5 et 6. — *Rétine ciliaire de chat.* Même technique que 3. Cellules claires montrant des vésicules, probablement des vésicules cristalloïdes.

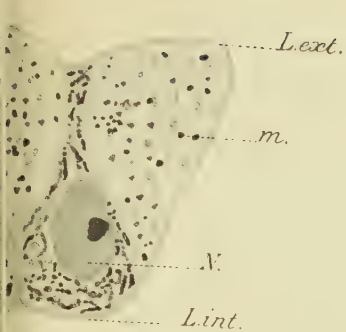


Fig. 4.



Fig. 2.

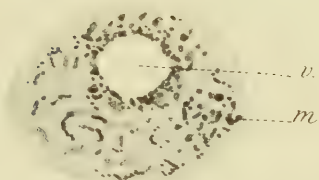


Fig. 6.



Fig. 3

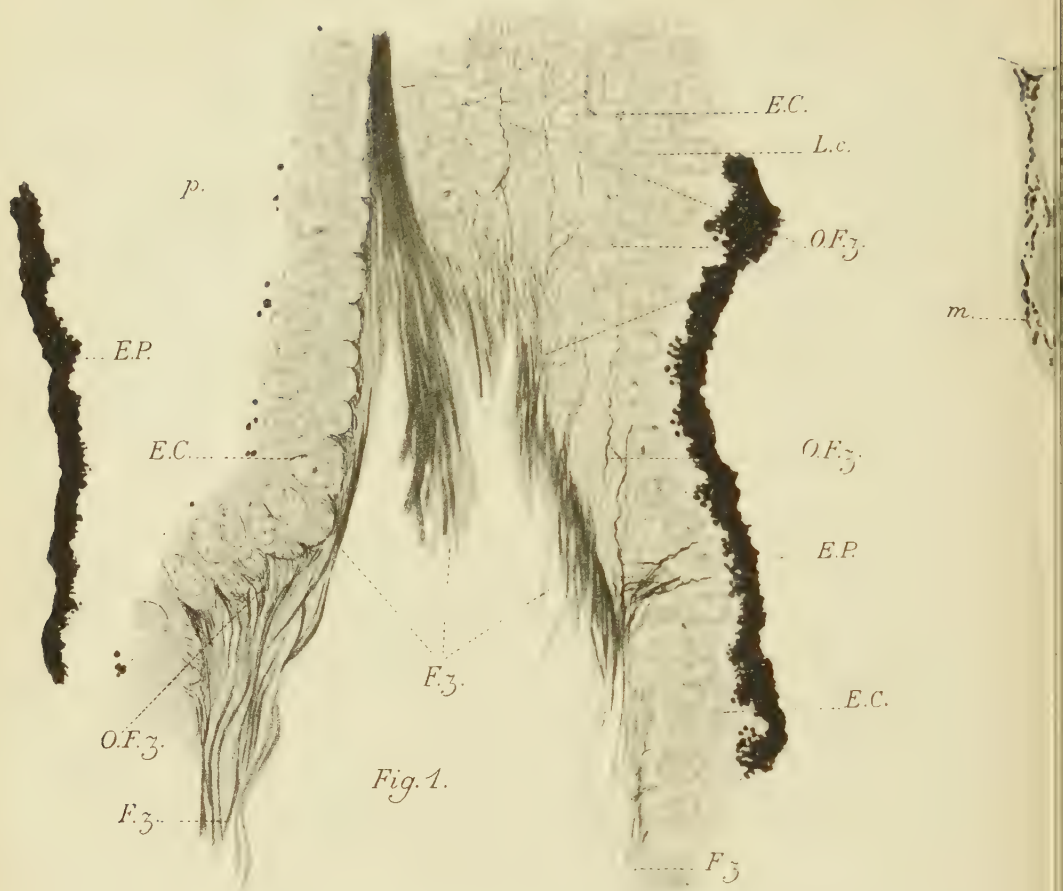


Fig. 1.

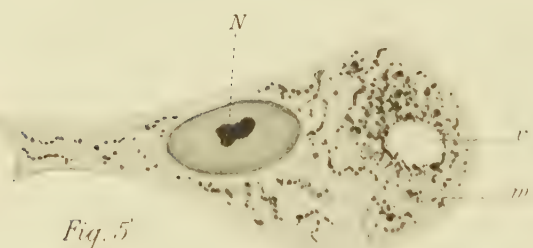
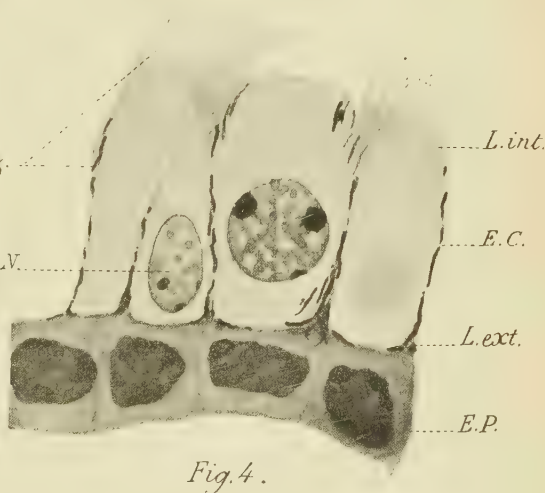
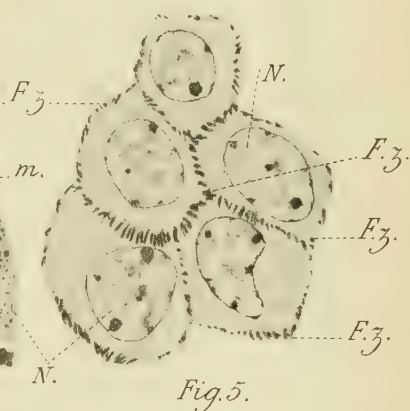
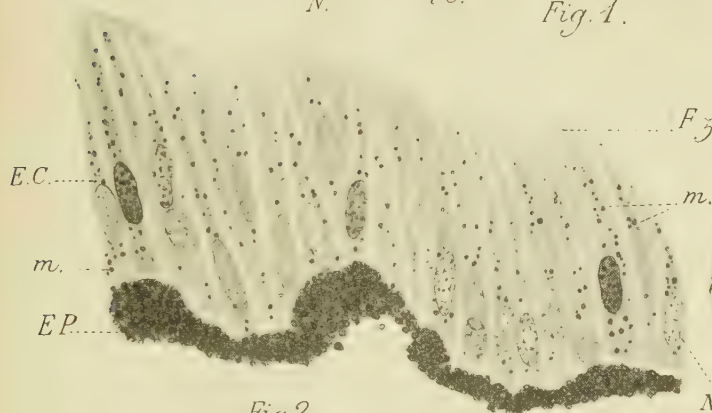


Fig. 5.



DEUXIÈME PARTIE

EVOLUTION DE NOS CONNAISSANCES AU SUJET DE LA STRUCTURE ET DE LA SIGNIFICATION DE LA ZONULE DE ZINN

Nous diviserons l'histoire de la zonule en trois paragraphes :

1° La zonule considérée comme une dépendance du corps vitré et de la membrane hyaloïde ;

2° La zonule considérée comme une dépendance à la fois du corps vitré et de la rétine ciliaire ;

3° La zonule, considérée comme une dépendance de la rétine ciliaire.

Nous passerons très rapidement en revue les deux premières opinions, étant donné ce que nous avons déjà dit de la zonule dans le chapitre précédent. Il nous semble superflu, dans ce travail, de rapporter en détail et de discuter tout ce qu'on a pu écrire sur la zonule. Cela sera d'ailleurs fait et trouvera mieux sa place dans un travail où la bibliographie formera la majeure partie, et qui paraîtra bientôt¹. Nous insistons au contraire sur la troisième opinion, parce que c'est elle surtout qui sera discutée lors de l'exposé de nos recherches personnelles.

1° *La zonule considérée comme une dépendance du corps vitré et de la membrane hyaloïde.*

C'est l'opinion la plus ancienne, celle des anato-

¹ Le Corps ciliaire, in *Revue générale d'Histologie*.

mistes du XVIII^e et du commencement du XIX^e siècle. La zonule, est décrite comme une membrane, et comme faisant suite à la membrane hyaloïde, qui allait jusqu'à la face antérieure du cristallin.

Depuis SAINT-YVES (1767), ANTOINE MAITRE-JAN (1740), PETIT (1723), jusqu'à IWANOFF (1873), KÖLLIKER (1868), SCHWALBE (1870), RËTZIUS (1894), de WAELE (1902), SALZMANN (1900), la zonule est décrite comme une dépendance du corps vitré, ou comme une condensation des fibres antérieurs du corps vitré.

2° *La zonule considérée comme une dépendance à la fois du corps vitré et de la rétine ciliaire.*

Comme les précédents, les auteurs dont les noms suivent, décrivent la zonule comme un prolongement en avant soit de la membrane hyaloïde, soit des fibrilles mêmes du corps vitré. Ils s'en distinguent en ce qu'ils ont une idée plus proche de la vérité. Les rapports de contiguïté ou de continuité de la zonule avec le corps ciliaire ne leur ont pas échappé.

Citons rapidement, HEIBERG (1865), IWANOFF (1869-1873), MERKEL (1870), CADIAT (1876), BERGER (1883-1889-1893-1903), HOCQUART et MASSON (1883), HOCQUART (1889), DE GARNIER (1891), ROCHON-DUVIGNEAUD (1895), Mlle TOUFESCO (1906).

3° *La zonule considérée, comme une formation distincte de l'hyaloïde et du corps vitré et comme une dépendance de la rétine ciliaire.*

ZINN (1775) est le premier anatomiste qui décrit la zonule comme une formation indépendante de la

membrane hyaloïde et du corps vitré. Pour lui, la membrane hyaloïde, au lieu de se diviser en deux feuillets qui passeraient respectivement sur les faces antérieure et postérieure du cristallin, se continue en un feuillet unique, sans aucune modification et contourne la face postérieure du cristallin.

ZINN décrivait bien la zonule comme une membrane, mais comme une membrane traversée par des fibres, fibres déjà connues avant lui, mais que CAMPER (1746), à cause de leur apparence striée, décrivit comme des fibres musculaires.

Cet isolement de la zonule, du corps vitré et de la membrane hyaloïde, fut confirmée par les recherches ultérieures de RUDOLPHI (1823), DOLLINGER, J. CLOQUET (1828), HENLE (1843), GERLACH (1880), DESSAUER (1883).

Mais c'est surtout dans CLOQUET (1828) que nous trouvons pour la première fois, une description exacte de ce qu'est en réalité la zonule : des fibres ayant leur origine dans le corps ciliaire, et allant s'insérer sur le cristallin.

En 1886, CLAEYS décrit la rétine ciliaire comme constituée par des cellules épithéliales soutenues par un système de fibrilles, qui se prolongent en fibres zonulaires. Ces fibrilles, écrit-il, « doivent être considérées comme les homologues des fibres de MÜLLER, conformément à la manière de voir émise jadis par SCHWALBE (1870) ».

L'année suivante, CZERMACK (1887), décrit les fibres zonulaires comme ayant leur origine dans la « lamelle hyaline », qui recouvre la zone ciliaire de la rétine,

mais considère, à tort évidemment, cette lamelle comme un prolongement du corps vitré à ce niveau.

TOPOLANSKI (1871) confirme la manière de voir de CZERMACK. Il fait observer en outre que les fibres zonulaires postérieures proviennent de la membrane basale qui recouvre l'extrémité de la *pars ciliaris retinae* en avant de l'*ora serrata*, tandis que les fibres antérieures proviennent des procès ciliaires et des vallées ciliaires.

Le travail de TR. COLLINS est de la même année (1891). Son importance est grande au point de vue embryologique. Il étudie, en effet, le développement de la zonule et montre comment, d'adhérentes tout d'abord au cristallin, qui à ce moment n'est guère séparé des procès ciliaires, ces fibrilles finissent par s'étirer, au fur et à mesure du développement du corps ciliaire.

SCHOEN (1895-1899-1901), décrit lui aussi la rétine ciliaire comme composée de deux éléments : les cellules proprement dites et les fibres de soutien. Ces deux éléments donnent naissance aux fibres zonulaires. C'est en s'étirant que les cellules forment les fibres : les fibres zonulaires sont donc de véritables prolongements protoplasmiques des cellules composant la rétine ciliaire.

En 1897 paraît un travail très intéressant d'AGABOW sur les fibres zonulaires. L'auteur fait remarquer tout d'abord que ces fibres ressemblent par leurs réactions histo-chimiques aux fibres élastiques, et qu'elles se rapprochent de la névroglie en ce qu'elles se laissent colorer par la méthode de WEIGERT pour les

fibres névrogliales. Quant à l'origine de ces fibres, il ne faut pas la chercher dans le corps vitré, ni dans un prolongement protoplasmique des cellules de la rétine ciliaire. Ces fibres viennent manifestement de la rétine ciliaire, mais AGABABOW ne peut préciser comment ; il se contente d'observer que ces fibres se perdent entre les cellules sans nous dire exactement comment elles se terminent.

Aussi intéressant que le précédent est le travail de TERRIEN (1898), il forme avec celui d'AGABABOW, et celui de DAMIANOFF, dont nous allons parler, la plus importante contribution à l'étude si difficile de la zonule.

Pour TERRIEN, la rétine ciliaire est formée, comme pour CLAEYS et pour beaucoup d'autres, de deux éléments : les cellules proprement dites et les éléments de soutien. Les fibres zonulaires sont des fibres de soutien extrêmement allongées ; en effet, elles se « comportent en tous points comme les fibres de soutien » et ne sont que des « fibres de MÜLLER, qui, au lieu de se terminer par une base élargie, continuent leur trajet et vont se perdre, les plus longues sur les faces antérieures et postérieures du cristallin, d'autres plus courtes sur la membrane hyaloïde, d'autres, enfin, sur la rétine ciliaire elle-même ».

L'étude de leurs insertions sur le cristallin, confirme cette façon de voir. TERRIEN (1899) dans un travail ultérieur, voit les fibres zonulaires se terminer sur le cristallin, par des pieds élargis, comme ceux des fibres de MÜLLER. Pour lui les fibres zonulaires sont des fibres de Müller extrêmement allongées.

AGABABOW a pu suivre les fibres zonulaires plus loin que ne l'avaient fait ses devanciers. Nous avons dit qu'il les a vues se perdre entre les cellules de la rétine ciliaire, sans trop nous dire comment. TERRIEN les voit plus loin encore : elles pénètrent dans l'interstice limité par deux cellules contiguës, traversent la couche pigmentaire et vont s'insérer à la face interne de la lame vitrée de la choroïde.

DAMIANOFF (1899) trouve singulière et dénuée de fondement l'opinion de TERRIEN sur les fibres zonulaires : il n'y a pas de fibres de Müller dans la rétine ciliaire ; les fibres zonulaires ne leur ressemblent en rien. DAMIANOFF admet l'origine uniquement ciliaire des fibres zonulaires. Voici comment il explique leur formation : « il est probable, écrit-il, que les fibres zonulaires sont engendrées par l'étirement en long fil du produit de sécrétion qui unit, à un moment donné le cristallin et les procès ciliaires ». Les fibres zonulaires seraient formées par une sécrétion des cellules épithéliales de la couche interne de la *pars ciliaris*. « Ce mode de production des fibres zonulaires, leur étirement durant le développement de l'œil, et l'isolement consécutif du cristallin, d'autre part l'insertion, la fixité et la régularité de l'insertion de ces fibres sur ce dernier, permettent de les comparer « jusqu'à un certain point, aux fibres du byssus des lamellibranches », comparaison que M^{lle} TOUFESCO (1906) trouve excessive.

La même année O. SCHULTZE (1899) fait une excellente étude anatomique de la zonule. Sans étudier spécialement l'origine des fibres zonulaires, il admet leur origine ciliaire, c'est-à-dire ectodermique.

VON EBNER (1902) admet, lui aussi, l'origine ciliaire des fibres de la zonule : les fibres paraissent comme un prolongement de la membrane vitrée des cellules ciliaires. Cependant VON EBNER fait remarquer qu'à l'encontre de Salzmann, il a nettement observé quelques fibrilles zonulaires qui viennent d'entre les cellules.

VON SPEE (1902), en raison des rapports que les fibres zonulaires ont avec les cellules de la *pars ciliaris retinae*, dont certaines sont étirées en pointe, pense que ces fibres pourraient bien être un prolongement protoplasmique de ces cellules. Il serait plus vraisemblable, ajoute-t-il, de les considérer, comme une production cuticulaire de ces cellules.

METZNER (1903) est de l'avis de TERRIEN ; la rétine ciliaire est réellement composée de deux sortes d'éléments : les cellules et les fibrilles ; les fibrilles ne sont pas toutes inter-épithéliales comme le veut TERRIEN ; quelques-unes de ces fibrilles dépassent la lame vitrée externe de la choroïde, et vont se perdre jusque dans les mailles du muscle ciliaire.

WOLFRUM (1908) vient de faire paraître un intéressant travail sur l'origine des fibres zonulaires chez l'homme. Tout d'abord il admet l'origine ectodermique de ces fibres, comme il l'a déjà fait pressentir dans un travail antérieur sur la genèse du corps vitré. Il insiste sur ce que ces fibres ont une origine intraprotoplasmique. Le point capital du travail de WOLFRUM est le suivant : la limitante externe de la rétine ciliaire n'est pas une limitante à proprement parler, c'est une ligne interrompue et formée par des bandelettes cimentan-

tes. C'est sur cette ligne que les fibres zonulaires prennent insertion. De là ces fibres traversent le protoplasma des cellules de la *pars ciliaris retinae*, où, au niveau de leur émergence, elles se laissent envelopper par des prolongements protoplasmiques, provenant des cellules voisines. On observe donc, sur la face interne des cellules, deux sortes de prolongements : les uns fibrillaires, les autres protoplasmiques ; ces deux sortes de formations appartenant à des cellules différentes. En effet, toutes les cellules de la rétine ciliaire ne donnent pas naissance à des fibres zonulaires. Les unes donnent uniquement les prolongements protoplasmiques dont il vient d'être fait mention, les autres fournissent les fibres zonulaires. Quant à la nature de ces fibres, WOLFRUM les considère comme des fibres névrogliales, parce qu'elles se colorent par la méthode de HELD pour la névroglie, et « parce qu'elles traversent le protoplasma des cellules ». Les cellules elles-mêmes, qui composent la rétine ciliaire, sont pour WOLFRUM, comme pour TERRIEN, l'équivalent des fibres de MÜLLER.

En avril 1908, dans une communication faite à l'*Association des Anatomistes*, nous avons publié les résultats de nos recherches sur l'origine et la signification histologique des fibres de la zonule de Zinn. Dans une note à la *Société de Biologie*, faite quelques mois après nous avons complété les quelques notions que nos recherches nous ont permis de dégager.

Tout d'abord, il nous semble évident que les fibres zonulaires sont d'origine ciliaire. Elles n'ont rien à voir avec les fibres du corps vitré, tout au moins chez

l'adulte, où leurs directions, leurs formes, leurs réactions histo-chimiques sont différentes. Les fibres zonulaires ne sont pas un prolongement protoplasmique des cellules de l'épithélium ciliaire. Elles ne sont pas non plus accolées à la surface interne de cet épithélium. Ce sont des *formations exoplastiques*, produit de transformation ou d'élaboration du protoplasma des cellules ciliaires différenciées à la *périphérie* des territoires cellulaires. Ce ne sont donc ni des fibres élastiques, ni des fibres conjonctives, ni des fibres de MÜLLER.

Notre seconde note a pour but d'élucider et de préciser le lieu où naissent les fibres zonulaires. Contrairement à l'opinion émise par ROCHON-DUVIGNEAUD, défendue par TERRIEN, et adoptée par M^{lle} TOUFESCO, nous admettons que les fibres zonulaires naissent sur toute la surface de la rétine ciliaire, aussi bien au fond des vallées ciliaires que sur les parois latérales ou les crêtes des procès ciliaires.

On trouvera, dans l'exposé de nos recherches personnelles, la description détaillée de nos préparations, de même que le résultat d'autres recherches inédites.

CHAPITRE III

RECHERCHES PERSONNELLES

§ I. — OBJETS D'ÉTUDE ET TECHNIQUE

Avant de commencer l'exposé de nos recherches, nous énumérerons brièvement les principales méthodes techniques que nous avons employées.

Disons un mot tout d'abord des animaux que nous avons le plus particulièrement étudiés et de la façon dont nous les avons fixés.

OBJETS D'ÉTUDE. — Nous avons étudié les corps ciliaires suivants :

Homme. — 1° Yeux adultes normaux, enlevés au cours d'intervention sur l'orbite :

2° Yeux de tout âge pris sur le cadavre, généralement vingt-quatre heures après la mort :

3° Yeux de fœtus de différents âges ;

4° Yeux pathologiques (glaucome, tumeurs diverses, etc).

C'est surtout les yeux normaux d'homme adulte et de fœtus que nous avons utilisés pour la description qui va suivre.

Nous avons aussi étudié les corps ciliaires des animaux suivants : Chien, chat, lapin (albinos et pig-

menté), lapin de garenne, rat albinos, souris grise, mouton, chèvre, bœuf, veau, porc, cheval.

TECHNIQUE

Un point très important sur lequel nous désirons insister au début de ce chapitre, c'est le suivant : il ne faut jamais fixer un œil entier. Il est de toute nécessité, lorsqu'on veut obtenir une bonne fixation, de sectionner l'organe et de n'en fixer qu'un tout petit fragment. Lorsqu'on a affaire à de tout petits yeux, par exemple à des yeux de triton, de salamandre, de fœtus de mammifères, etc., on peut les immerger directement dans le liquide fixateur, sans les ouvrir préalablement. Mais, même dans ce dernier cas, il faut, après la fixation et avant le passage de la pièce dans les alcools successifs, enlever, au moyen d'un coup de rasoir, un segment plus ou moins grand de l'organe pour faciliter la déshydratation, qui se fait ainsi plus facilement et plus régulièrement. Le corps vitré, qui est normalement très riche en eau, se rétracte peu à peu en abandonnant son eau aux alcools et ne décolle pas la rétine de la choroïde, comme cela arrive souvent lorsqu'on déshydrate un œil fermé. La fixation de l'œil entier a un autre inconvénient, c'est celui de déformer l'organe. La sclérotique n'a pas la même épaisseur partout, là où elle présente le moins de résistance, elle se déforme très facilement. On saisit aisément l'inconvénient de ce changement de forme de la coque sclérale, lorsqu'on fait une étude de topographie par exemple. Il est intéressant pourtant de pouvoir fixer dans certaines

conditions, un œil entier pour étudier soit son aspect, soit la forme normale, d'une de ses parties constituantes, cornée, cristallin, corps ciliaire.

Dans ce cas, c'est le formol à 10 pour 100 qui nous semble le fixateur de choix. L'œil entier est immergé pendant vingt-quatre ou quarante-huit heures dans la solution de formol. Au bout de ce temps, aucune déformation ne se produit, la pupille a conservé le même diamètre qu'elle avait sur l'œil frais, l'organe entier a sensiblement la même forme et les mêmes dimensions.

On fait alors, au moyen d'un bon rasoir, une section sagittale de l'œil en commençant du côté du nerf optique ; on arrive aisément sur le cristallin qu'il faut sectionner d'un seul coup pour ne pas le déplacer, et on termine en coupant la cornée. La section du cristallin est le moment le plus difficile de cette manipulation. La fixation au formol, en durcissant les membranes de l'œil, facilite leur section. On obtient ainsi deux segments complets de l'organe qu'on déshydrate lentement, et qu'on inclut séparément.

La congélation après fixation permet d'obtenir des coupes plus régulières, mais on peut s'en passer. Nous avons employé ce dernier procédé pour obtenir des coupes totales de l'œil, pour étudier le corps ciliaire et ses rapports avec le cristallin, et pour avoir une vue d'ensemble de la zonule.

Pour étudier les fibres zonulaires et la rétine ciliaire, nous avons agi autrement. Nous avons inclus, uniquement, des fragments de corps ciliaires. La plupart du temps, nous avons fixé tout le segment antérieur de

l'œil, le cristallin laissé en place ; ce n'est qu'après la fixation que nous enlevions délicatement ce dernier, en sectionnant tout autour de son équateur, les fibres zonulaires. On conserve ainsi aux fibres de la zonule leurs véritables rapports avec le corps ciliaire. Lorsqu'on enlève le cristallin avant la fixation de l'œil, un grand nombre de ces fibres sont, de ce fait même, déchirées, et la traction qu'on ne manque pas d'exercer sur elles à ce moment altère considérablement la rétine ciliaire, dont on disloque les éléments.

1° Etude des fibres zonulaires.

Tous les fixateurs employés actuellement en histologie conservent plus ou moins bien les fibres zonulaires et permettent de les étudier sur coupes. Mais c'est surtout les mélanges de BOUIN, de MANN, de ZENKER, qui nous ont donné les meilleurs résultats. Voici la composition de ces mélanges et la durée de fixation :

Liquide de BOUIN :

Sol. aq. saturée d'ac. picrique.	75 vol.
Formol pur	20 —
Ac. acétique glacial	5 —

Fixation pendant huit heures. Alcools.

Liquide de MANN :

Acide picrique, sol, aq. saturée	100 vol.
Sublimé	5 gr.
Formol.	10 vol.

Fixation pendant six ou huit heures. Alcools.

(Le liquide de Mann gonfle légèrement les cellules de la rétine ciliaire.)

Liquide de ZENKER :

Bichrom. de potasse, sol. à 3 o/o . . .	95 vol.
Sublimé	5 gr.
Acide acétique crist.	5 vol.

Fixation pendant dix-huit à vingt-quatre heures. Lavage à l'eau courante pendant vingt-quatre heures. Alcool iodé. Alcools.

Liquide de TELLYESNICZKI :

Bichrom. de potasse, sol. aq. à 3 o/o . . .	100 vol.
Acide acétique	5 —

fixe aussi très bien les fibres zonulaires.

Durée de la fixation : vingt-quatre heures. Lavage à l'eau courante. Alcools.

Ces quatre mélanges fixent convenablement la rétine ciliaire et les fibres zonulaires. Chacun d'eux cependant est à employer de préférence en vue de certaines colorations spéciales.

Les mélanges de BOUIN et de ZENKER donnent les meilleurs résultats pour l'emploi de l'hématoxyline au fer d'HEIDENHAIM.

Le liquide de MANN suivi d'un mordantage à l'alun acide de REGAUD (alun de fer à 4 o/o, 100 vol., acide sulfurique 1 vol.), donne des résultats tout à fait démonstratifs, en ce qui concerne l'origine des fibres zonulaires.

Les mélanges de ZENKER et de TELLYESNICZKI conviennent de préférence préalablement à l'emploi des colorants spéciaux des fibres collagènes ou des fibres élastiques.

Pour la coloration des fibres zonulaires, le procédé de MALLORY, le picro-bleu de DUBREUIL, le picro-noir

naphtol et picro-bleu diamine BB de CURTIS nous ont donné de très belles préparations. Les fibres de la zonule se colorent intensément et d'une manière fort différente du tissu collagène. Non seulement on les met ainsi en évidence, mais on les distingue en plus et immédiatement des formations conjonctives.

Pour l'étude des fibres élastiques, nous avons employé la fuchsine ferrique de WEIGERT, la safranine ferrique, la méthode de MALLORY, le rouge d'acridine ferrique de DUBREUIL de préférence.

2° Etude de la rétine ciliaire.

a) *Fixation et coloration des grains* — Tous les fixateurs que nous venons d'énumérer, de même qu'un grand nombre d'autres, que nous avons aussi employés, comme le liquide de FLEMMING, celui de HERMANN au chlorure de platine, celui de LENHOSSEK, l'alcool à 80 degrés, le formol-acétique, etc..., s'ils conservent plus ou moins bien l'aspect général des cellules et leurs rapports normaux, modifient considérablement l'aspect ou plus exactement, altèrent une grande partie du cytoplasme des cellules rétinienne ciliaires.

Le cytoplasme de ces cellules renferme normalement une quantité considérable de grains réfringents, qu'on peut facilement voir sur les cellules vivantes, examinées dans un sérum isotonique. Pour cela, il suffit de détacher, au moyen d'un scalpel, le mince feuillet que forme la rétine au niveau du corps ciliaire, de l'étaler sur une lame porte-objet et de l'examiner à un fort grossissement dans une solution isotonique de chlorure

de sodium additionnée ou non d'une faible quantité de rouge neutre ou de bleu de méthylène vital. Dans ces conditions, on aperçoit ces grains réfringents dans toutes les cellules qui en sont bourrées. Ces grains ne se colorent ni par le rouge neutre, ni par le bleu de méthylène.

Dès le début de nos recherches, qui datent de quatre ans, nous avons incriminé l'acide acétique que contiennent la plupart des fixateurs cytologiques (Liq. FLEMING, BOUIN, TELLYESNICZKI, ZENKER) en quantité notable, de dissoudre ces grains, ou du moins de les altérer considérablement.

Nous avons donc essayé de nous passer de cet acide, nos pièces étaient dorénavant fixées dans le formol pur ou à 10 o/o, dans les vapeurs osmiques en chambre humide, dans le liquide de ZENKER modifié comme il suit :

Bichromate de potasse	3 gr.
Sublimé	2 gr. 50
Eau	100 vol.

c'est-à-dire en diminuant de moitié la teneur de la solution en sublimé, en conservant la même quantité de bichromate et en supprimant complètement l'acide acétique.

Les mélanges d'acide osmique et de formol, d'acide osmique de formol et de bichromate donnent d'excellents résultats, mais se troublent très rapidement.

Notre maître, M. REGAUD, avait attiré il y a déjà longtemps notre attention sur la nécessité, après fixation par un liquide quelconque, d'un mordantage de la

pièce dans une solution de bichromate de potasse, pour l'étude de certains détails cytologiques. Nous avons employé le « chromage » prolongé après fixation par les vapeurs osmiques, le formol à 10 pour 100, le bichromate-sublimé. Les grains dont nous parlions plus haut ont été parfaitement bien conservés et nous avons pu les colorer électivement par l'hématoxyline au fer.

La méthode de M. REGAUD, pour la coloration des mitochondries, les conserve et permet leur coloration sur lames d'une façon très nette.

Voici les principaux temps de cette méthode :

Fixation. — Dans un mélange de :

Formol 20 vol.

Bichrom. de potasse, sol. aq. à 3 o/o. 80 vol.

pendant quatre jours. Changer le liquide toutes les vingt-quatre heures.

Puis *mordantage* de la pièce pendant une semaine ou plus dans une solution de bichromate de potasse à 3 pour 100. Lavage à l'eau courante pendant vingt-quatre heures. Alcools successifs. Xylol. Paraffine.

Les coupes doivent être très fines, 4 à 6 μ au maximum.

La coloration se fait à l'hématoxyline, après un mordantage dans l'alun de fer à 4 pour 100 (étuve à 35 degrés) pendant vingt-quatre heures, avec différenciation dans l'alun de fer à 2 pour 100.

On peut aussi fixer la pièce dans du formol à 10 pour 100 pendant vingt-quatre heures, puis la mordancer pendant une semaine ou plus dans le bichromate comme nous le faisons au début de nos recherches.

La fixation par le bichromate-formol et par le liquide

ZERKER, modifié comme il vient d'être dit, suivi d'un mordantage au chrome plus ou moins prolongé, donnent les meilleurs résultats.

b) *Variations de chromaticité des noyaux.* — Pour bien observer ce phénomène important, on peut utiliser n'importe quelle fixation cytologique, suivie d'une coloration à l'hématoxyline au fer.

La fixation par le liquide de TELLYESNICZKY, suivie d'une double coloration à l'hémalum et à la safranine (REGAUD), montre certains noyaux colorés par l'hématéine et d'autres colorés intensivement par la safranine de préférence. La décoloration de la préparation par l'alcool chlorhydrique pour enlever l'excès de safranine est un temps très délicat de cette méthode. Aussi on peut employer à la place de l'hémalum et de la safranine, le carmalum et le picro-bleu ; la fuchsine acide et le bleu d'aniline. On peut faire ainsi une foule de combinaisons et colorer différemment les noyaux ; par le carmalum et le bleu de méthyle acide, on voit certains noyaux colorés en rouge, d'autres en bleu, exactement comme par l'hémalum-safranine.

Dans la rétine ciliaire, on peut voir sur une simple coloration par l'hémalum et l'éosine, ces variations de chromaticité des noyaux. Bien entendu, les figures obtenues sont loin d'égaler celles données par l'hémalum-safranine, car le mordantage par le chrome permet la coloration de certains grains de chromatine par l'hémalum et d'autres par la safranine, et cela avec une très grande netteté.

§ II. — VUE D'ENSEMBLE SUR LA RÉTINE CILIAIRE.
LA COUCHE PIGMENTÉE DE L'ÉPITHÉLIUM

Nous avons vu dans le chapitre premier, que la rétine ciliaire est composée de deux couches de cellules, l'une pigmentée, c'est la couche externe; l'autre claire, c'est la couche interne. L'assise pigmentée se continue avec l'épithélium pigmentaire de la rétine, l'assise claire correspond à la rétine proprement dite; elle est limitée, comme cette dernière, par deux limitantes, l'une connue depuis très longtemps et admise aujourd'hui par tout le monde, c'est la limitante interne de la rétine ciliaire (*lame vitrée* de BRÜCKE); l'autre, la limitante externe (membrane anhiste de BERGER) n'est pas décrite généralement par les auteurs. Nous dirons plus loin ce que nous pensons de ces deux formations.

La couche des cellules claires sera étudiée dans le paragraphe suivant.

Étudions maintenant la couche pigmentée de l'épithélium.

Cette couche est composée de cellules cubiques, bourrées de gros grains de pigment, différant de celui qu'on trouve dans les cellules similaires au niveau de la choroïde en ce qu'il affecte de préférence la forme ronde.

Cette couche envoie, surtout chez l'homme, une série de bourgeons épithéliaux, ne différant en rien des cellules pigmentées qui lui donnent naissance dans le tissu conjonctif sous-jacent. Nous avons déjà insisté sur ce point lors de l'exposé de l'anatomie de la région ciliaire,

et nous avons fait remarquer que : 1° Ces bourgeons épithéliaux, uniquement formés par la couche des cellules pigmentaires sont distincts des bourgeons que nous avons appelés bourgeons mixtes, et qui sont formés par les deux couches de la rétine ciliaire ; 2° les bourgeons épithéliaux pigmentaires ne s'ouvrent jamais directement dans la chambre postérieure, parce que nulle part, sur des yeux bien fixés, la couche des cellules claires ne fait défaut.

Il en résulte manifestement que ces bourgeons ne doivent pas être considérés comme des bourgeons glandulaires spéciaux, servant à sécréter l'humeur aqueuse. L'opinion de COLLINS repose sur une mauvaise interprétation, car les cellules qui composent ces pseudo-glandes, ne diffèrent aucunement, nous le répétons, des cellules pigmentaires, formant la couche externe. Pourquoi alors les prendre pour des formations glandulaires et refuser l'activité sécrétoire au reste de la couche pigmentée ?

Nous comprenons mal, pourquoi BUCHANAN a tant fait pour démontrer leur existence. Personne n'en a jamais douté. Mais ce que BUCHANAN aurait dû montrer, c'est leur rôle glandulaire. Sans doute la cellule pigmentaire est une cellule sécrétoire : elle élabore, en effet, son pigment et l'entretient par la suite, mais là se borne son rôle. Si elle joue un rôle dans la production de l'humeur aqueuse, ce rôle n'est pas celui que lui assignent COLLINS et BUCHANAN. D'ailleurs, ces formations n'existent pas chez les animaux, et pourtant ils possèdent de l'humeur aqueuse en quantité considérable. GRIFFITH fait remarquer que ces bourgeons

existent en très petit nombre dans les yeux clairs et manquent totalement dans les yeux albinos.

L'opinion de COLLINS et de BUCHANAN doit être rejetée. Il n'y a pas de glande sécrétant l'humeur aqueuse au niveau du corps ciliaire. Ce que COLLINS a décrit comme tel, ce sont les bourgeons formés par l'une ou les deux couches de cellules de la rétine ciliaire ; bourgeons surtout remarquables dans l'œil humain et qui manquent chez les animaux.

§ III. — STRUCTURE DES CELLULES CLAIRES

Aussi bien dans les descriptions classiques que dans les mémoires les plus récents, on considère la couche claire de la rétine ciliaire de l'homme ou des autres mammifères comme présentant une constitution cytologique très simple : des cellules prismatiques, hautes ou cubiques suivant leur position, avec un protoplasma homogène, sans structure, et possédant un gros noyau vésiculeux.

Nous montrerons ici qu'au contraire, ces cellules ont une structure compliquée, et qu'elles sont douées de l'activité sécrétoire.

Nous étudierons successivement le noyau et ses variations, le protoplasma et le chondriome, et nous terminerons ce paragraphe par quelques notions sur l'humeur aqueuse et la fonction sécrétoire des cellules.

A. — Le noyau et ses variations.

Sur une préparation colorée par l'hémalun et l'éosine, après une fixation dans le mélange bichromate-acétique

de TELLYESNICZKY, il est facile de voir que le noyau de ces cellules, aussi bien chez l'Homme que chez les autres animaux, est un gros noyau volumineux. Il occupe généralement le tiers inférieur de la cellule, du côté de la couche des cellules pigmentaires. Quelle que soit sa position, on est frappé de la variété d'aspect qu'il présente dans les différents éléments cellulaires. Ces variations portent surtout, non pas tant sur son volume que sur la quantité de grains de chromatine qu'il contient. Certains noyaux sont intensivement teints par l'hématéine, comme s'ils étaient bourrés de grains de chromatine, d'autres ont une coloration pâle, avec çà et là un ou plusieurs grains colorés.

Mais c'est sur des préparations colorées par l'hématoxyline au fer d'HEIDENHAIM, qu'on voit le mieux ces différences. Certains noyaux sont complètement noirs, même après une différenciation prolongée, d'autres, au contraire, sont complètement incolores. Tous les intermédiaires s'observent entre ces deux extrêmes.

Nous sommes donc en présence de noyaux possédant de très grosses différences de structure et de quantités variables de chromatine. Ce n'est pas tout.

Le noyau qui se présente, le plus généralement, comme constitué par un dispositif filaire extrêmement délicat formé de fils tenus de linine sur lesquels sont disposés les grains de chromatine, présente une autre particularité intéressante. Coloré par la méthode de REGAUD à l'hémalun-safranine, par d'autres procédés que nous avons indiqués dans le paragraphe concernant la technique, mais surtout par l'hémalun-safranine, le noyau montre des grains de chromatine, les uns colorés

par l'hémalun, les autres par la safranine, noyés dans un suc nucléaire, lui-même variable, c'est-à-dire présentant lui aussi la double chromaticité.

Ces phénomènes, bien connus ailleurs, n'ont jamais été signalés dans la rétine ciliaire. Contrairement à ce qu'avaient dit HENDERSON et LANE-CLAYPON des différences très grandes dans l'aspect du noyau peuvent se voir, et se voient couramment dans la rétine ciliaire : variations dans la quantité de la chromatine, variations dans la qualité de la chromatine, sont ici de règle et leur constatation est très importante à faire.

Étant donné précisément ces variations, il est impossible de donner une description unique du noyau. Changeant comme il est suivant les besoins de la cellule, et suivant probablement l'état sécrétoire de cette dernière, il est saisi au moment de la fixation dans ses différentes attitudes fonctionnelles (J. MAWAS, 1908).

Le noyau des cellules claires de la rétine ciliaire présente, en un mot, le phénomène de la « variation de chromaticité des noyaux », phénomène caractérisant les cellules éminemment actives et qu'on voit particulièrement dans les cellules glandulaires où il a été le plus étudié.

B. — Le protoplasma et les chondriosomes.

a) *Description des faits observés.* — Nous avons étudié les cellules de la rétine ciliaire à l'état frais, dans un sérum isotonique et sur coupes après différentes fixations. Voilà ce que nous avons observé :

1° *Examen des cellules vivantes.* — Il est facile sur

un œil fraîchement énucléé, de détacher la rétine ciliaire et d'examiner les cellules qui la composent à l'état vivant, et cela sans les altérer en aucune façon. On peut étendre la membrane délicatement sur la lame porte-objet et l'examiner dans un sérum isotonique additionné ou non de rouge neutre. L'examen des cellules vivantes est rendu par ce fait même, très favorable. Il fournit des renseignements très intéressants, quoique incomplets, sur la structure du protoplasma, du noyau, et des limites cellulaires. Il donne en somme une esquisse de ce qu'est la cellule en réalité, et permet, par suite, de mieux juger l'action des fixateurs sur la structure du protoplasma et des modifications qu'ils y peuvent produire.

L'ignorance où nous sommes, d'ailleurs, des modifications que peuvent produire les fixateurs et les autres réactifs, employés en histologie, soit pour déshydrater, soit pour inclure les pièces, rend cet examen obligatoire au début de toute investigation scientifique, et surtout dans une étude comme la nôtre, où on ne possède aucun renseignement cytologique préalable.

Chez tous les animaux que nous avons examinés, les cellules de la rétine ciliaire ont la même structure et sensiblement le même aspect. Ce sont des cellules à peu près cubiques pour la plupart et contenant dans leur protoplasma une quantité considérable de grains très réfringents. Ces grains remplissent tout le cytoplasme et ont sensiblement la même grosseur. Toutes les cellules en contiennent la même quantité ou presque. Ces grains sont tellement nombreux, que le noyau

est complètement masqué par eux. Quand on l'aperçoit, on le reconnaît à son aspect homogène, et à un gros nucléole très brillant qu'il possède. Il est finement limité du côté du cytoplasme par une membrane nucléaire. Chaque cellule est limitée, enfin, par une mince cuticule, très nettement visible.

L'addition au sérum isotonique d'une faible quantité de rouge neutre ou de bleu de méthylène BX, ne met en évidence aucune vacuole autour de ces grains, pas plus qu'elle ne colore les grains eux-mêmes, tant que la cellule est vivante. Les grains de la rétine ciliaire ne sont donc pas envacuolés.

Nous avons été le premier à observer et à décrire ces grains, et dès le début de nos recherches nous n'avons pas hésité à les comparer à ceux qu'on a décrit dans certaines cellules glandulaires (J. MAWAS, 1908).

L'existence de ces grains est ici très importante à noter, à cause précisément du problème non encore résolu de la sécrétion de l'humeur aqueuse, et du rôle que peut jouer la rétine ciliaire dans cette sécrétion.

La cellule épithéliale ciliaire ressemble au premier abord, aux cellules glandulaires bourrées de leur produit de sécrétion. Comme celles-ci, elle possède des granulations qu'on pourrait considérer comme le produit de son activité. Voilà les premières réflexions que permet l'étude de la couche des cellules claires, faite à l'état vivant.

Qu'est-ce qu'en réalité que ces grains, quels sont leur destinée et leur rôle probable? Sont-ce vraiment des produits de sécrétion, ou sont-ce des parties inté-

grantes et permanentes du protoplasma : et, dans ce dernier cas, à quoi correspondent-ils, quel nom leur donner ?

Autant de questions que pour le moment, il faut laisser sans solution. L'examen à l'état vivant ne nous permet aucune autre considération. Nous pouvons seulement dire que ces grains existent en réalité, dans toutes les cellules de la rétine ciliaire et chez tous les Mammifères.

Étudions maintenant comment on peut mettre en évidence ces grains, sur les coupes, et quelles sont leurs réactions vis-à-vis des colorants.

2° *Examen des cellules fixées.* — Faisons remarquer tout d'abord que ces grains sont très délicats. La plupart des fixateurs, et surtout ceux qui contiennent de l'acide acétique, comme les mélanges de BOUX, de TELLYESNICKSKY, de ZENKER, de FLEMMING, etc..., ne permettent pas du tout de les conserver, à plus forte raison de les colorer. Au contraire, les vapeurs d'acide osmique, le formol pur ou à 10 pour 100 les conservent parfaitement bien. Mais alors, il est difficile de les colorer convenablement. Ce qui montre mieux encore cette action dissolvante de l'acide acétique, surtout à la dose de 5 pour 100, dose employée précisément dans les fixateurs que nous venons de citer, c'est l'action comparée de ces mêmes fixateurs, avec et sans acide acétique. Dès le début de nos recherches, nous avons observé que l'acide osmique qui conserve ces grains, lorsqu'il était employé seul, est incapable de les conserver lorsqu'il est employé sous la forme du liquide de FLEMMING. Il en est de même du mélange de ZENKER qui, sans addition

d'acide acétique, conserve et permet la coloration sur coupe des grains. Ces observations viennent à l'appui de l'opinion de M. LAGUESSE, qui a noté l'action nocive de l'acide acétique, sur certains grains de sécrétion (LAGUESSE, 1905-06).

Mais si l'acide acétique est responsable de la dissolution des grains, il n'est pas le seul qu'on doive incriminer. En effet, on peut éviter, du moins en partie, la dissolution des grains. Notre maître, M. REGAUD, avait attiré depuis longtemps notre attention, sur l'importance de la chromisation prolongée des pièces, dans la recherche de certains détails cytologiques. Nous l'avons appliquée ici, et c'est grâce à l'action prolongée du bichromate de potasse à 3 pour 100, après fixation, que nous avons pu, même après l'emploi de l'acide acétique, étudier ces grains. Si l'acide acétique gonfle ou détruit certains grains, il ne les insolubilise pas, la chromisation prolongée obvie à cet inconvénient.

La méthode de M. REGAUD, pour la coloration des mitochondries, fixe admirablement et colore d'une façon tout à fait élective ces grains.

Quant à l'acide osmique en vapeur, le mélange bichromate-sublimé, le formol, ils conservent ces grains et permettent de les colorer. Dans ce cas, ils se colorent en gris noir par l'hématoxyline au fer, mais pas aussi nettement qu'après le bichromate-formol, suivi de mordantage chromique.

La description qui va suivre a trait à la rétine ciliaire du chat et du lapin, que nous avons étudiée plus particulièrement, et le plus complètement à ce point de vue.

Nous le répétons, nous avons trouvé et coloré ces grains chez un grand nombre de Mammifères.

La rétine ciliaire de l'Homme offre des détails de structure, sur lesquels nous insisterons à la suite de cette description.

Comme il n'y a pas de différence notable entre la structure de la rétine ciliaire de différents animaux, nous en donnerons, une description d'ensemble.

Le protoplasma des cellules claires est rempli par de petits grains fins, la plupart du temps, parfois trapus, ou en forme de petits bâtonnets, colorés intensément en noir par l'hématoxyline ferrique.

Ces grains remplissent tout le protoplasma, ne respectant qu'une ligne protoplasmique périnucléaire et une autre sous-apicale toutes deux très réduites.

Ces grains correspondent, comme taille et comme position dans la cellule, à ceux qu'on voit à l'état vivant. Ce ne sont donc pas des formations artificielles ni des précipités.

Toutes les cellules ne contiennent pas la même quantité de grains. Certaines cellules en sont complètement bourrées, d'autres en contiennent beaucoup moins. Dans ce dernier cas, il est fréquent de voir que ces grains peuvent circonscrire une série de vacuoles vides, généralement situées à la partie interne de la cellule. Les cellules qui contiennent peu de grains sont plus grosses que les autres et sont aussi plus claires.

Les grains ont souvent, surtout dans les cellules qui en contiennent beaucoup, une disposition en filaments en chaînette ; ces filaments sont ou droits ou légèrement flexueux (voir Pl. II.).

A quoi correspondent ces grains? Leur disposition en filament, la position sériée des grains, leur finesse, leurs réactions histo-chimiques, et surtout leur coloration par la méthode de BENDA, les rangent dans la catégorie des mitochondries, formations cytoplasmiques.

Ces grains sont des mitochondries. Disons un mot de ces formations et de leur importance.

BENDA (1898) qui les a découvertes, ou identifiées dans un grand nombre de cellules, les colore par une méthode imaginée par lui, et les reconnaît à leur disposition filamenteuse. Ce sont de petits grains alignés les uns à la suite des autres, d'où le nom de mitochondrie qu'il leur donna, à cause précisément de cette disposition même (de *μιτος*, filament, *κονδριον*, grain).

Cette disposition des mitochondries en filaments de grains n'est pas nécessaire, car les mêmes grains peuvent être disposés autrement, en amas, en chapelet, en filaments plus ou moins flexueux ou droits par exemple, d'où les distinctions suivantes : à côté des mitochondries, il y a les chondriomites, les chondriochontes etc..., comme l'ont montré les recherches ultérieures de MEVES. S'il faut attacher à la morphologie de ces grains une certaine importance, il ne faut pas perdre de vue qu'ils peuvent se présenter dans les éléments cellulaires sous les aspects les plus divers.

La définition morphologique et uniquement morphologique de ces grains est donc insuffisante, étant donné leur extrême variété. Il faut donc insister sur leurs réactions histo-chimiques.

Signalons d'abord, et encore une fois, leur grande solubilité dans les réactifs histologiques, leur grande sensibilité vis-à-vis de l'acide acétique. C'est ensuite leur affinité vis-à-vis de certains métaux, comme le chrome Cl. REGAUD (1908), FAURÉ-FREMIET (1909) et l'osmium [POLICARD (1908), MAWAS (1908)], avec lesquels ils forment des combinaisons stables, en tout cas insolubles dans l'alcool et le xylol.

Le bichromate de potasse conserve autour des mitochondries ou combinée au grain lui-même, une substance spéciale, capable de se dissoudre dans les alcools et qui se colore intensément par l'hématoxyline.

L'existence d'une substance spéciale, celle qui précisément se colore par la méthode de BENDA en violet, et en noir, par celle de REGAUD, est admise par FAURÉ-FREMIET (1908) qui l'a étudiée dans les mitochondries de *strombilidium gyrans*, et dans l'œuf de *Julus terrestris*. FAURÉ-FREMIET conclut de ses recherches que les mitochondries sont formées de substances albuminoïdes renfermant des corps lipoïdes et séparés du plasma environnant par une mince couche lipoïde.

Notre maître M. REGAUD (1908), en fait une étude très complète, dans le testicule du rat; il étudie les mitochondries du syncytium nourricier, puis celles des divers éléments qu'il contient. Il arrive à cette importante observation que les mitochondries ne sont point un élément stable, immuable du protoplasma. Dans le syncytium nourricier, on les voit évoluer conjointement avec les spermatoctes. Il en est de même dans le tube urinaire (Cl. REGAUD 1908) et dans les glandes

salivaires (Cl. REGAUD et J. MAWAS (1908-1909), les mitochondries ne sont pas là non plus des éléments immuables du protoplasma, il y a un balancement entre les mitochondries et les grains de sécrétion. Là où les cellules contiennent beaucoup de mitochondries il y a peu ou point de grains de sécrétion ; lorsque les cellules contiennent beaucoup de grains de sécrétion, il y a peu ou pas de mitochondries. Entre ces deux stades extrêmes, se trouvent tous les intermédiaires.

D'après les recherches de M. REGAUD, un autre point caractéristique des mitochondries, c'est leur constitution. « C'est dans un ensemble de réactions microchimiques qu'il faut chercher le critérium des formations mitochondriales. » Les mitochondries sont constituées par un support protoplasmique de forme variable, combiné à un substratum caractéristique qu'il est possible de ranger dans le groupe des substances lipoïdes ou lipoprotéïdes. POLICARD (1909) confirme les recherches de REGAUD, et fait remarquer qu'il ne s'agit pas là, d'une substance lipoïde labile.

L'étude, longuement poursuivie, que nous avons faite de la rétine ciliaire nous permet de confirmer pleinement l'opinion que nous venons de citer. Une preuve qui nous semble devoir attirer l'attention, c'est une certaine similitude entre les réactions de la myéline des nerfs et celle des mitochondries. Le corps ciliaire et l'iris sont, comme tout le monde le sait, très riches en terminaisons nerveuses. Les nerfs à myéline y sont très abondants. Nous avons constamment observé, sur nos préparations, que lorsque la myéline des nerfs était

parfaitement conservée, les mitochondries de la rétine ciliaire le sont aussi, et se colorent exactement comme la myéline par l'hématoxyline au fer. Les mitochondries et le manchon de myéline se coloraient en bleu foncé, les noyaux des nerfs et ceux des autres cellules en noir intense (J. MAWAS, 1909). Sans vouloir identifier les deux substances, on peut les rapprocher. La coloration différente des mitochondries et de la myéline d'un côté, des noyaux de l'autre, nous fait déjà augurer que les mitochondries et la chromatine nucléaire sont deux substances différentes.

En effet, après un long mordantage par le chrome, la chromatine du noyau est incolore, tandis que les mitochondries sont admirablement colorées. Au contraire, après une fixation nucléaire satisfaisante (mélange de TELLYESNICZKY ou de BOUIN), les mitochondries sont invisibles; la chromatine, au contraire, est très bien colorée. D'où la conclusion qui s'impose, que les mélanges qui conservent la substance mitochondriale, dissolvent la chromatine du noyau et réciproquement.

Le même phénomène s'observe dans les cellules glandulaires séro-zymogènes et dans les cellules des canaux excréteurs des glandes salivaires des mammifères (Cl. REGAUD et J. MAWAS, 1909).

Les mitochondries des cellules claires de la rétine ciliaire n'ont donc pas les mêmes réactions que la chromatine nucléaire. Il ne semble pas y avoir de rapport direct entre le noyau et les mitochondries. Ce ne sont pas des grains issus du noyau.

Le rapprochement que nous avons fait entre la substance mitochondriale et la myéline des nerfs n'est pas

uniquement basé sur une similitude de coloration, mais bien sur un ensemble de faits, assavoir : solubilité dans les mêmes réactifs, insolubilité dans d'autres, formation d'une combinaison stable avec les sels de chrome, ce qui permet leur conservation et leur coloration ultérieure.

On ne nous fera donc pas le reproche d'identifier ou de rapprocher deux substances, *a priori* si éloignées l'une de l'autre, sur une simple coloration microscopique.

De tout ceci, il résulte dans l'étude des mitochondries, qu'à côté de leur morphologie dont jamais personne n'a songé à nier l'importance, il importe dorénavant de tenir compte de leur histochimie. L'étude de leur constitution chimique n'est qu'ébauchée à l'heure actuelle, cela ne fait aucun doute ; des travaux ultérieurs compléteront certainement le peu que nous savons sur la structure des mitochondries. Mais déjà, semble-t-il, se dégage la notion que les mitochondries ont, de par leurs réactions histochimiques, certaines réactions des substances lipoïdes. Avec MM. Cl. REGAUD et FAURÉ-FREMIET, nous croyons que les mitochondries sont constituées par un substratum albuminoïde, auquel est combinée une matière lipoïde très soluble dans l'alcool, altérable par l'acide acétique, et que les sels de chrome mordant et insolubilisent vis-à-vis des alcools.

Les formations mitochondriales existent avec les mêmes caractères et les mêmes réactions dans les cellules de la rétine ciliaire des Vertébrés Mammifères ; en est-il de même chez l'homme ?

La pièce qui fait l'objet des constatations suivantes est un corps ciliaire normal, fixé immédiatement après l'énucléation de l'œil, au cours d'une intervention sur l'orbite, dans le liquide de TELLYESNICZKI, puis mordancée pendant longtemps (plus d'un mois) dans une solution de bichromate de potasse à 3 pour 100.

Le mordantage dans le bichromate, malgré la fixation dans un liquide contenant une quantité notable d'acide acétique, a permis la conservation de certaines enclaves protoplasmiques et a empêché leur dissolution dans les réactifs de déshydratation. Nous avons donc pu les colorer par l'hématoxyline au fer et les étudier.

Dans ces conditions, il est aisé de mettre en évidence la présence au sein des cellules de nombreuses granulations colorables en noir par l'hématoxyline au fer. Ceci, aussi bien dans les cellules de la portion lisse que dans celles qui recouvrent les procès ciliaires, c'est-à-dire sur toute l'étendue de la rétine ciliaire.

De la base de chaque cellule à la mince bande réfringente qui limite son sommet, on aperçoit une quantité de grains noirs, paraissant compacts, ayant à peu de chose près la même grosseur.

En outre, on observe la présence de très nombreuses vésicules. Ces vésicules semblent être des grains dont le centre est incolore et la périphérie colorée à la manière d'une mince écorce.

Quelle est la nature de ces grains et la signification de ces vésicules ?

N'ayant pas pu étudier complètement ces grains sur des yeux humains normaux, nous avons complété leur

étude sur des yeux pathologiques. Nous avons pu ainsi identifier ces grains avec les mitochondries de BENDA.

Les vésicules ne sont autre chose que des mitochondries très gonflées et en partie dissoutes. C'est l'acide acétique qui leur donne cet aspect. Sur les pièces fixées dans les liquides ne contenant pas d'acide acétique, on ne trouve dans les cellules ciliaires de l'homme que des mitochondries très fines et très nettement limitées. Ces vésicules ressemblent d'ailleurs aux « vésicules lipoïdes » de REGAUD. Ainsi donc, pour répondre à la question que nous nous sommes posé plus haut : la rétine ciliaire de l'homme a la même structure que celle des autres Mammifères.

B. — Interprétation des faits observés.

Il nous reste à montrer l'importance des deux principaux faits que nous avons décrits dans les cellules de la couche claire de la rétine ciliaire, à savoir la variation de chromaticité du noyau et la présence des mitochondries au sein du cytoplasme, et à conclure sur la signification qu'il convient de donner à ces cellules.

Variations de chromaticité des noyaux. — Nous avons signalé dans les noyaux que nous avons étudiés : 1° Des variations de chromaticité ; la chromatine est basophile ou acidophile ; 2° des variations dans la quantité de la chromatine, qui est plus ou moins abondante suivant les cellules ; 3° des variations dans la chromaticité du suc nucléaire lui-même.

Ces trois phénomènes nous indiquent quelques-unes des différentes phases de l'activité du noyau.

Les recherches de R. HEIDENHAIN (1886) et de ses élèves KÜHN et LEA, celles de LANGLEY, de PFLÜGER, de NUSSBAUM, de BERMANN, de WIEDERSHEIME; les travaux de NISSEN (1886), de LUKJANOW (1887), de STÖHR (1887), celles plus récentes de LAGUESSE (1893, 1899, 1900), de HENNEGUY (1896), de GARNIER (1899), de MATHEWS (1899), etc., ont suffisamment montré les changements de forme et de constitution du noyau pendant la sécrétion. Les uns considèrent le rôle du noyau comme direct — émission de particules nucléaires dans le cytoplasme — ; les autres comme indirect — modifications en rapport avec la sécrétion — ; mais la plupart des auteurs l'admettent et lui attachent une grande importance.

Parmi les travaux récents qu'il convient de citer et qui admettent la participation du noyau à l'acte sécrétoire, signalons une note de REGAUD (1902) sur les variations de chromaticité des noyaux dans les cellules à fonctions sécrétoires et un travail de LAUNOY (1903), auquel nous renvoyons le lecteur pour tout ce qui concerne la bibliographie de la question.

Pour REGAUD, la variation de chromaticité des noyaux traduit une étape nucléaire dans l'élaboration des produits de la cellule. Ce fait, propre à beaucoup de cellules glandulaires, doit être rattaché à des variations dans la composition chimique des constituants du noyau.

LAUNOY signale dans les cellules glandulaires en général des variations de chromaticité importantes. Au

cours du travail d'élaboration (glandes à venin, glandes gastriques et salivaires des reptiles, hépato-pancréas des crustacés), il y aurait modification de tout ou partie de la chromatine. Celle-ci devient acidophile. Il signale encore la multiplicité des nucléoles pendant la sécrétion, le *turgor* nucléaire et l'antéro-pulsion du noyau.

Nous n'entrerons pas dans le détail de tout ce qu'on a écrit sur le rôle du noyau dans la sécrétion. Cela nous entraînerait trop loin.

Disons simplement pour finir que le noyau prend une part active dans les phénomènes de sécrétion. Les cellules, dont les noyaux présentent le phénomène de la variation de chromaticité, sont des cellules très actives.

Cette notion de la participation du noyau dans les phénomènes de la sécrétion tend d'ailleurs à devenir classique. Nous la trouvons nettement formulée dans le *Traité d'Histologie* de PRENANT, BOUIN et MAILLARD (p. 486).

Toutes ces données, péniblement accumulées, ne font que confirmer ce qu'écrivait, il y a plus de trente ans déjà, CL. BERNARD : « Le noyau attire autour de lui et élabore les matériaux nutritifs. C'est un appareil de synthèse, l'instrument de la production. »

Les formations mitochondriales. — BENDA avait attribué aux mitochondries un rôle moteur, REGAUD (1908), POLICARD et MAWAS (1909), n'ont pas pu mettre en évidence ce rôle. Au contraire, il ne semble exister aucun rapport entre les mitochondries et la contractilité des éléments cellulaires.

Nous ne discuterons pas ici la théorie de MEVES qui fait des mitochondries les supports des caractères héréditaires.

Contrairement à l'opinion de CHAMPY (1909), et d'accord avec REGAUD et FAURÉ-FREMIET, nous croyons avoir montré que les mitochondries sont constituées par un complexe formé d'albuminoïde et de lipoïde.

Il est logique d'attribuer à ces formations certaines des propriétés des lipoïdes : Rôle de fixation, de condensation et de neutralisation de certains produits amenés par le sang.

La présence constante des formations mitochondriales dans les éléments glandulaires, le balancement qui existe entre les mitochondries et les grains de ségrégation (REGAUD 1908, REGAUD et MAWAS 1908-1909), montrent leur importance dans les phénomènes de sécrétion.

REGAUD et MAWAS (1909) admettent que dans les cellules glandulaires séro-zymogènes, les filaments mitochondriaux fixent les matières premières que la cellule extrait du sang.

Nous pensons que leur présence en grand nombre dans les cellules de la rétine ciliaire, dont la structure cytologique ne diffère pas en réalité d'une cellule rénale ou d'une cellule du corps thyroïde, — dont la nature est manifestement glandulaire — jouent un grand rôle dans la sécrétion de l'humeur aqueuse. Les variations dans l'aspect des cellules, dans la quantité des grains, jointes à celles du noyau, font de la rétine ciliaire un épithélium glandulaire.

La présence des vésicules lipoïdes dans la rétine

ciliaire de l'homme, vésicules que nous considérons dans ce cas comme des mitochondries gonflées, n'est pas contraire à ce que nous venons de dire.

D'ailleurs les vésicules lipoïdes, distinctes morphologiquement des grains osmio-réducteurs, découverts et étudiés par REGAUD (1900-1901), dans l'épithélium séminal et celui de l'épididyme, par REGAUD et POLICARD (1901-1903) dans les épithéliums rénaux de poissons, d'amphibiens et de reptiles, ont été signalées dans les cellules corticales de la surrénale de divers animaux (BERNARD, BIGART et LABBÉ, BONNAMOUR, MULON (1902-1905, etc...) et dans d'autres organes glandulaires, sont comme GURWITSCH (1902) l'avait admis des sortes de condensateurs.

La concentration des matériaux étrangers à la cellule se rencontre dans toutes les cellules glandulaires, mais surtout dans la cellule rénale. C'est au niveau précisément des vacuoles lipoïdes que se fait cette concentration.

Il en serait de même, selon nous, dans la rétine ciliaire, que cette concentration se fasse autour des mitochondries, ou dans les vésicules lipoïdes. Ceci expliquerait la différence de concentration des sels qui existe entre l'humeur aqueuse et le sang.

De tout ceci, que conclure? Que les cellules de la rétine ciliaire sont des éléments glandulaires, elles en ont tous les caractères, mais l'humeur aqueuse, qui provient comme chacun sait du corps ciliaire en grande partie, peut-elle être considérée comme un produit de sécrétion?

Nous allons en dire brièvement quelques mots ici.

L'humeur aqueuse. — On ne considère plus aujourd'hui l'humeur aqueuse comme on le faisait autrefois, c'est-à-dire comme une chose absolument stable. L'humeur aqueuse, l'humeur cristalline et l'humeur vitrée formaient les trois milieux transparents de l'œil.

Depuis le moment où l'on a observé qu'une fois évacué, le contenu de la chambre antérieure se reforme plus ou moins rapidement et que l'humeur aqueuse disparue ne tarde pas à reparaître, l'idée d'une sécrétion de cette humeur s'imposa pour ainsi dire immédiatement.

Aussi bien à la très ancienne opinion, qui faisait de l'humeur aqueuse quelque chose de stable, vit-on succéder l'opinion d'une sécrétion spéciale de cette humeur.

Soucieux de trouver à cette nouvelle conception un substratum anatomique, on alla jusqu'à décrire des glandes spéciales chargées de cette fonction. C'est ainsi que CHIRAC, premier médecin du Roy, les localisait avec précision à l'extrémité de l'iris. Ces glandes, malheureusement, n'ont jamais été retrouvées. Et pendant longtemps on n'en reparlera plus.

HALLER émit à ce sujet une idée plus exacte : l'humeur aqueuse proviendrait des vaisseaux du corps ciliaire. C'est aussi l'opinion de ZINN (1775). On peut lire dans son fameux chapitre : *Natura et fontes humoris aquei*, la phrase suivante : *Maximam partem humoris aquei ex villis arteriosis processuum ciliarium provenire* ».

Les travaux ultérieurs ont confirmé cette façon de voir. LEBER (1903-04), DEUTSCHMANN (1880), MEMORSKY

(1865), EHRLICH (1882), SCHOCLEER et UHTHOF (1882), PANAS (1887), les uns en extirpant l'iris et le corps ciliaire, les autres en injectant de la fluorescéine dans le sang et en observant le lieu où elle apparaît dans l'œil, démontrent que l'humeur aqueuse provient en majeure partie du corps ciliaire ; l'iris prendrait part, lui aussi, à sa production.

Une expérience très ingénieuse de LEBER (1899) mérite d'être rapportée ici : on place, après avoir enlevé la cornée, une canule dans le trou pupillaire et on l'y fixe : on constate alors qu'à travers la canule s'écoule goutte à goutte l'humeur aqueuse.

Tous les auteurs que nous venons de citer et un grand nombre d'autres, admettent, comme HALLER et ZINN que l'humeur aqueuse provient des vaisseaux du corps ciliaire et qu'elle est comparable à la lymphe : c'est la lymphe endo-oculaire. LEBER écrit : « L'œil contient une cavité lymphatique assez considérable, drainée par des canaux spéciaux » ; ce sont des fentes lymphatiques géantes, qui sont à l'organe ce qu'est la fente lymphatique à une cellule ou à un groupement de cellules. ANGELUCCI (1902) s'exprime en termes identiques.

CANTONNET (1906) partage l'avis de LEBER. L'œil, pour lui, est un diverticule lymphatique, annexe du système lymphatique général. Entre autres arguments qu'il développe dans sa thèse, il constate que les variations de la concentration moléculaire du sang sont capables de modifier celle de l'humeur aqueuse. Et ceci de telle façon que l'œil peut être considéré, au point de vue hydrostatique, comme un diverticule lym-

phatique du torrent sanguin, à l'autre extrémité duquel se trouve le rein. Le rein devient-il hypoperméable la concentration de l'œil peut augmenter, d'où appel d'eau et augmentation du volume de l'œil. L'auteur étend sa théorie à l'étiologie du glaucome, et explique les crises d'hypertension qu'on observe dans le glaucome chronique, par une concentration passagère des sels de la lymphe oculaire, et un appel d'eau consécutif.

Il ne faudrait pas croire que les choses se passent aussi simplement en réalité. CANTONNET lui-même fait deux restrictions très importantes : la concentration de la lymphe oculaire, dans le cas d'hypoperméabilité du rein n'est possible que « si des lésions de ses membranes (de l'œil, ou de ses voies d'excrétions), dues à des causes diverses, l'y prédisposent ». A cette restriction vient s'en ajouter une seconde ; c'est que l'œil a une physiologie toute spéciale, indépendante en grande partie de celle du système lymphatique. Si l'œil peut être considéré comme un diverticule, une annexe du système lymphatique « il doit en partager la physiologie générale avec cependant quelques particularités dues à la complexité de la cavité fonctionnellement différenciée qui le contient ».

Ces deux restrictions, que nous avons tenu à citer presque textuellement, amoindrissent considérablement la portée de l'opinion de l'auteur.

En réalité, on ne possède aucune donnée permettant de comparer l'humeur aqueuse à la lymphe.

Contre l'opinion régnante s'est élevée, il y a quelques années, une opinion toute contraire, c'est celle d'une sécrétion de l'humeur aqueuse par la rétine ciliaire.

Nous avons déjà rapporté l'opinion de BOUCHERON (1883), opinion défendue par NICATI (1890) et tout récemment par SCALINCI (1908).

SCALINCI détruit l'épithélium ciliaire par une injection de fluorure de sodium, et constate que l'humeur aqueuse ne se produit plus. Elle est remplacée par le plasma sanguin qui passe alors avec tous ses composants y compris le fibrinogène, d'où la coagulation spontanée du liquide qu'on recueille alors

On savait déjà, que l'humeur aqueuse une fois évacuée, se remplace par un liquide différent, plus riche en albumine, et qui coagule spontanément. C'est probablement le liquide transsudé des vaisseaux, sous la forte pression qui existe après la ponction de la chambre antérieure dans les vaisseaux du corps ciliaire, qui force l'épithélium et transsude sans être modifié par lui comme il l'est normalement.

Quoi qu'il en soit pour le moment du mécanisme intime de ce phénomène, rappelons en quelques mots la composition chimique, les propriétés, le rôle biologique de l'humeur aqueuse.

Bien entendu, nous n'avons nullement l'intention d'être complet, cela nous obligerait à de longs développements inutiles ici. Nous renvoyons pour cela, à la monographie si remarquable que vient d'écrire LEBER (1903-04).

Composition chimique :

La composition chimique de l'humeur aqueuse a été établie par BERZELIUS, puis par MICHEL et WAGNER.

	BERZELIUS	MICHEL et WAGNER
Eau.	98,1	98,71
Matières extractives		
solubles dans l'eau	0,75	0,89
Albumine	Traces	0,107
Autres substances		
organiques . . .	»	0,107
Chlorure de sodium.	1,15	»

Une analyse plus complète en a été donnée par LOHMEYER (1854), la voici :

Eau.	988,87
Matière albuminoïde	1,22
Matières extractives	4,21
Chlorure de sodium	6,89
Chlorure de potasse	{ 0,22
Sulfate de potasse	
Phosphate de chaux	{ 0,47
Phosphate de magnésie	
Autres sels calciques	0,11

Propriétés optiques : L'humeur aqueuse est un liquide limpide, incolore, très fluide. Son indice réfraction est de 1,3366 (BREWSTER).

Sa *viscosité* diffère peu de celle de l'eau (SCALINCI, 1907).

Densité : Elle a été indiquée par BREWSTER elle est de 1,0053.

Poids spécifique :

Le *poids spécifique* de l'humeur aqueuse a été étudié par GOLOVINE (1907), il présente une valeur constante à l'état normal :

Chez le chien, il varie entre . .	1,0080 à 1,0096
Ce qui fait une moyenne de. . . .	1,0086
Chez le lapin, il varie entre . .	1,0081 à 1,0096
Ce qui donne une moyenne de. . . .	1,0088
Chez le chat, il varie entre . .	1,0080 à 1,0096
D'où la moyenne de	1,0088

L'humeur aqueuse est donc la plus légère de toutes les humeurs du corps animal.

Celle qui s'accumule après une ponction de la chambre antérieure a un poids spécifique plus élevé. La différence peut atteindre 0,0070 à 0,0080. Elle redevient normale au bout de vingt-quatre heures.

La *conductibilité électrique* de l'humeur aqueuse est équivalente à celle d'une solution de chlorure de sodium à 0,814 pour 100 (NIEWERST, 1904). Elle est supérieure à celle de la lymphe (BOTTAZZI et STURCHIO, 1906).

Pouvoir oxydant. — Il est nul d'après LODATO (1906). En présence du réactif de RÖHMANN et celui de SPITZER, l'humeur aqueuse donne un résultat négatif.

Albumine. — L'humeur aqueuse contient des traces d'albumine.

Urée. — L'urée a été signalée dans l'humeur aqueuse par MILLON et WÖHLER en moindre quantité que dans le sang.

Mucine. — CAVAZANNI (1906) y a montré d'une façon constante une mucine, en petite quantité, 0,0255 pour 100.

Glucose. — CL. BERNARD (1859) le premier signale dans l'humeur aqueuse une substance qui réduit la liqueur cupro-potassique, et la considère dès le début comme du glucose. Après lui, CHABBAS et JESNER (1877)

la trouvent constamment chez les animaux, sauf chez ceux qui sont à jeun. MICHEL et WAGNER, au contraire, ne la constatent pas dans leurs analyses. KUHN (1887) trouve que non seulement l'humeur aqueuse réduit la liqueur de FEHLING, mais qu'elle possède en outre le pouvoir rotatoire et dextrogyre. La présence du glucose dans l'humeur aqueuse ne peut donc être mise en doute. Il est vrai que GRÜENHAGEN (1884), découvre peu de temps après que ce n'est pas la même substance qui possède à la fois le pouvoir rotatoire et le pouvoir dextrogyre, l'un serait réducteur sans être dextrogyre l'autre serait dextrogyre sans être réducteur. Le corps dextrogyre serait surtout l'acide lactique. Récemment TRUC et HÉDON (1894) démontrent que l'humeur aqueuse contient normalement et constamment une substance qui réduit la liqueur de Fehling, et qui donne la réaction de FISCHER (chlorhydrate de phénylhydrazine) et la fermentation alcoolique.

Concentration moléculaire. — La concentration de l'humeur aqueuse est plus élevée que celle du sang.

HAMBURGER (1904), qui a fait cette observation, objecte à LEBER qu'il n'est pas possible qu'un filtrat soit plus concentré que le liquide filtrant. Il est vrai que LEBER explique la plus grande concentration de l'humeur aqueuse, en admettant premièrement une résorption d'eau de la part de l'iris, deuxièmement une évaporation du liquide à travers la cornée. Or, il faut faire remarquer qu'on n'a aucune preuve de la résorption de l'eau de l'humeur aqueuse par l'iris ; quant à l'évaporation de cette dernière par la cornée, l'endothélium de DESCOMET ne permet pas à l'état normal la filtration

de l'humeur aqueuse à travers les couches cornéennes. Son évaporation à travers l'épithélium antérieur de la cornée est rendue d'ailleurs impossible à cause des larmes qui baignent continuellement la cornée.

Teneur de l'humeur aqueuse en chlorure de sodium.

— La teneur de l'humeur aqueuse en chlorure de sodium est d'une fixité remarquable. GOLOVINE (1901) a observé que ni l'instillation de chlorure de sodium dans le cul-de-sac conjonctival, ni son injection sous la conjonctive ne modifiaient la teneur de l'humeur aqueuse en chlorure de sodium. De plus, LODATO (1902) fait observer que la sympathectomie n'a pas d'influence sur le taux en chlorure de sodium de l'humeur aqueuse. GRANDIS et MORET (1901) avaient, eux aussi, remarqué que la production, comme la résorption de l'humeur aqueuse, n'est pas un simple phénomène de filtration, mais un processus biologique réglé par des lois spéciales.

Une série d'autres travaux ont été faits, pour savoir quelle est l'action de l'humeur aqueuse sur les globules rouges du porteur à l'état normal et dans certaines conditions pathologiques. Nous ne pouvons les analyser tous ici ; il règne encore trop d'imprécision à ce sujet, pour pouvoir les utiliser.

Cependant KUNST (1895) trouve par la méthode de l'hémolyse que l'humeur aqueuse a un coefficient osmotique égal à celui d'une solution de chlorure de sodium à 0,971 pour 100. Le même auteur est arrivé à la même conclusion par la méthode de la cryoscopie. Il a trouvé que, dans ce cas, l'humeur aqueuse correspondait à une solution de chlorure de sodium à 0,959 pour 100.

L'étude de la *conductibilité électrique* de l'humeur aqueuse conduit à peu de chose près aux mêmes résultats. Elle nous montre l'humeur aqueuse, comme ayant la résistance d'une solution de chlorure de sodium à 0,814 pour 100, en moyenne NIEWERTH., 1904).

Hémolyse. — ROCHON-DUVIGNEAUD et DEFRAÏ ont par la méthode de l'hémolyse, constaté que le liquide qui se sépare du corps vitré (c'est le même que l'humeur aqueuse) n'est pas hémolysant. Il faut lui ajouter à peu près son volume d'eau pour le rendre hémolysant.

Outre ces propriétés physiques, l'humeur aqueuse, comme tout autre liquide de l'organisme, possède des propriétés qu'on peut appeler biologiques, faute de les connaître mieux. Elles ont été très peu étudiées jusqu'à présent ; VALENTI (1904) trouve que, mis en présence de globules pour lesquels le sérum a été rendu hémolysant, l'humeur aqueuse produit l'hémolyse à un degré beaucoup moindre.

GATTI (1902), de son côté, a déjà fait les constatations suivantes : alors que les réactions lytiques et agglutinantes du sérum sanguin sont bien manifestes ou complètes, ces réactions font souvent défaut de la part de l'humeur aqueuse et du vitré où on les constate à un degré minime. La réaction précipitante peut être toujours constatée dans le sérum, jamais dans les humeurs de l'œil. L'humeur aqueuse et le vitré du cheval normal montrent une action antizymotique à peine sensible par rapport à celle que le sérum sanguin du même animal manifeste contre la chimosine sur la coagulation du lait.

On trouvera dans le travail de SCHNEIDER (1908) un aperçu très intéressant sur la préexistence de l'alexine dans l'humeur aqueuse et une biographie complète de la question.

SCHNEIDER voit chez le lapin l'humeur aqueuse régénérée renfermer de l'alexine, capable de dissoudre les globules préparés du poulet et ce pouvoir faire défaut dans l'humeur normale. SCHNEIDER, qui a observé dans ce cas, non seulement l'acquisition du pouvoir hémolytique, mais encore celle du pouvoir bactéricide et opsonisant, conclut à la préexistence de l'alexine dans le sang, d'où elle passerait dans la chambre antérieure lors de la régénération de l'humeur aqueuse.

Encore là, l'humeur aqueuse se montre différente du sérum et de la lymphe.

Pour terminer cette longue énumération, incomplète à dessein, des propriétés de l'humeur aqueuse, nous insistons sur quelques caractères qui différencient l'humeur aqueuse de la lymphe et du plasma sanguin. On peut les résumer de la façon suivante :

1° Absence, normalement, d'éléments vivants, globules blancs ;

2° Grande pauvreté en matières protéiques ;

3° Plus grande quantité de matières salines, plus grande conductibilité électrique, concentration moléculaire supérieure à celle du sang ;

4° Viscosité très peu différente de celle de l'eau ;

5° Propriétés biologiques, différentes de celles du sérum et de la lymphe.

Ajoutons que toutes les substances injectées dans le sang ne passent pas aussi rapidement les unes que les

autres dans l'humeur aqueuse (ANGELUCCI, 1905). La destruction de l'épithélium ciliaire ne permet plus la sécrétion de l'humeur aqueuse ; à sa place on trouve un liquide, ayant toutes les propriétés du plasma sanguin et qui coagule spontanément ; ce n'est pas autre chose que du plasma ayant transsudé à travers l'épithélium altéré. Enfin, l'humeur aqueuse, dite de seconde formation, c'est-à-dire celle qui se produit après ponction de la chambre antérieure, n'est pas du tout de l'humeur aqueuse, c'est une grande erreur que de la considérer comme telle.

**C. — Formations exoplastiques des cellules :
origine et nature des fibres zonulaires.**

L'historique succinct que nous avons fait des multiples opinions émises, soit sur la nature, soit sur l'origine des fibres zonulaires, nous a montré qu'actuellement on est loin d'être d'accord sur l'origine et la signification histologique de cette partie de l'œil. Malgré les points de vue très divers auxquels les auteurs se sont placés et ont étudié la zonule, il nous semble que le meilleur moyen d'arriver à une solution se rapprochant de ce qui est en réalité est d'étudier successivement deux questions importantes qui résument tout le débat et qui sont : une question de topographie et une question d'histologie fine.

La question de topographie est la suivante : *Quels sont les rapports de la zonule avec les parties avoisinantes ?*

Une fois déterminés, ces rapports nous permettront de répondre à la question de savoir si les fibres zonulaires proviennent du corps vitré ou, au contraire, du corps ciliaire. En même temps nous saurons si oui ou non les fibrilles zonulaires sont des formations comparables aux fibres vitréennes, aux fibres conjonctives, aux fibres élastiques et même à la névroglie, comme on l'a soutenu successivement.

La question d'histologie est la suivante : Si les fibres zonulaires proviennent manifestement du corps ciliaire, *quelle est la partie du corps ciliaire qui leur donne naissance ?*

Nous verrons que c'est la rétine ciliaire qui leur donne naissance. Nous étudierons alors successivement si ce sont les deux couches de la rétine ciliaire, ou bien si c'est la couche des cellules claires seulement qui est leur lieu d'origine. Nous verrons ensuite comment se comportent les fibrilles à ce niveau, et si elles sont un prolongement protoplasmique des cellules claires, ou bien si elles proviennent d'entre les cellules, d'éléments particuliers, *les fibrilles* ; nous étudierons aussi quels sont les rapports qu'affectent ces fibrilles avec la limitante externe de la rétine ciliaire, et si l'on doit les considérer comme une dépendance de cette limitante.

1° Rapports de la zonule avec le corps vitré et le corps ciliaire.

Une coupe transversale d'un segment antérieur d'un œil humain montre, même à un faible grossissement,

les rapports des fibres zonulaires avec les parties avoisinantes. La zonule y apparaît comme une série de tout petits faisceaux coupés sur une plus ou moins grande étendue de leur parcours. Chaque faisceau est composé d'un certain nombre de fibrilles, que l'éosine teint fortement en rose, ce qui les rend parfaitement visibles ; ces fibrilles ont sensiblement la même direction, on les voit se diriger vers le cristallin.

Les faisceaux de fibrilles zonulaires cheminent entre le corps vitré en dedans et le corps ciliaire en dehors.

Ces fibres, quels que soit la fixation et le procédé d'inclusion employés, ne sont jamais éloignées du corps ciliaire. Tandis que le corps vitré, qui se rétracte très facilement sous l'influence des fixateurs, occupe des positions très différentes dans la préparation ; les fibres zonulaires, elles, occupent toujours la même place.

Les fibres du corps vitré sont de longues fibres ondulées, se colorant faiblement. Les fibres zonulaires forment des faisceaux rigides ayant une direction déterminée et une apparence lamelleuse. Ces fibres ne disparaissent que très difficilement et sont intimement unies au corps ciliaire.

La figure 1 représente exactement l'aspect d'une coupe transversale d'un œil humain, faite à quelques millimètres au-dessus de la pupille. Les faisceaux des fibres zonulaires (*Zon.*) se montrent, comme des traits bien limités. Le corps vitré est représenté par son enveloppe périphérique, la membrane hyaloïde (*Hy*). On voit les fibres zonulaires suivre à peu

près exactement les contours du corps ciliaire ¹. Le corps vitré, malgré toutes les précautions, s'est rétracté.

La zonule apparaît donc, à cette simple inspection, comme indépendante du corps vitré.

On pourrait objecter que ce dernier se rétractant souvent, au cours des manipulations, les rapports des fibres zonulaires avec le corps vitré sont, de ce fait même rompues. A cela, on peut répondre que, même lorsque le corps vitré n'est nullement rétracté, on ne peut saisir aucun rapport de continuité entre les fibres du corps vitré et les fibres zonulaires. On ne peut voir que des rapports de contiguïté et, avec certaines fibres zonulaires seulement. La membrane hyaloïde sépare toujours le corps vitré de la zonule.

La figure 2 montre quelques fibres zonulaires, à directions parallèles au corps ciliaire. Le corps vitré est ici absent. A ce propos, je ferai remarquer qu'il est très facile sur un œil fraîchement énucléé, d'extraire le corps vitré sans, pour cela, entraîner le cristallin et la zonule. Il est, par contre, impossible d'enlever le cristallin sans rompre la zonule, ou sans l'arracher du corps ciliaire. Ceci contredit formellement ce que AEBY et d'autres auteurs ont cru observer. Ces auteurs rapportent que lorsque, sur un œil *macéré*, on essaye d'extraire le corps vitré, celui-ci attire toujours avec lui et le cristallin et la zonule. Ils concluent que la zonule

¹ Comme la coupe a été faite au-dessus de la pupille, on voit quelques fibres zonulaires dans la chambre postérieure (*Ch. po.*). Ces fibres sont des fibres provenant des procès ciliaires situés plus haut, et qui n'ont pas encore atteint le cristallin.

et le cristallin adhèrent intimement au corps vitré — ce qui est vrai en partie — et que la zonule doit être comprise comme une partie du corps vitré — ce qui est manifestement faux. Leurs constatations, d'ailleurs, n'ont aucune valeur scientifique, ayant été faites sur des yeux cadavériques et macérés.

L'opinion singulière de HACHE qui enferma la zonule entière dans le corps vitré, et qui la limita extérieurement par la membrane hyaloïde est une pure et simple illusion. Une opinion plus ou moins analogue, — et qui n'est d'ailleurs, que la reproduction d'une vieille erreur aujourd'hui abandonnée — de SALZMANN est aussi inadmissible.

La membrane hyaloïde sépare toujours le corps vitré de l'ensemble des fibres zonulaires.

On a longtemps discuté sur le lieu où apparaissaient les premières fibres zonulaires. La figure 1 du texte montre que les faisceaux de fibrilles zonulaires apparaissent à quelques millimètres de l'*ora serrata* (*Or*). En réalité, elles proviennent d'un peu plus loin. C'est avec les premières cellules de la rétine ciliaire, par conséquent juste au niveau de l'*ora serrata*, qu'elles font leur apparition. A cet endroit, elles sont très fines, et encore insuffisamment nombreuses pour former des faisceaux visibles à ce faible grossissement ; aussi n'ont-elles pas été dessinées sur cette figure.

Les fibres zonulaires sont indépendantes du corps vitré, elles apparaissent au niveau de l'*ora serrata*. On les voit suivre ensuite, comme nous l'avons déjà dit, le contour du corps ciliaire, et s'accroître par

l'adjonction de fibres de même nature et qui proviennent des procès ciliaires.

Certains auteurs ROCHON-DUVIGNEAUD, TERRIEN, M^{lle} TOUFESCO ont, à propos des fibres zonulaires des procès ciliaires, émis l'idée que, seuls, les intervalles compris entre deux procès ciliaires, c'est-à-dire sous les fonds des vallées ciliaires donnent naissance aux fibres zonulaires. Nous ne croyons pas cette opinion exacte, car il nous a été très facile de voir que, aussi bien dans le fond des vallées ciliaires que sur les crêtes ou les parois latérales des procès, il existe des fibres zonulaires. Si on voit de préférence les fibres zonulaires qui prennent naissance dans le fond des vallées ciliaires, c'est que sur une coupe transversale du corps ciliaire elles apparaissent comme beaucoup plus longues et, partant, plus facilement distinctes. La figure 1 de la planche II montre d'une façon évidente que les cellules claires qui tapissent les parois des procès ciliaires, comme celles qui en tapissent le fond, donnent insertion aux fibres zonulaires colorées en rouge sur la figure.

Ayant ainsi établi, par l'examen minutieux de nombreuses préparations, que la zonule tout entière provient du corps ciliaire, nous ne pouvons admettre son origine vitréenne ni son origine mixte, vitréenne et ciliaire.

Il s'agit maintenant de montrer, que les fibres zonulaires ne sont pas simplement accolées à la rétine ciliaire comme on l'a soutenu, mais que ces fibres y prennent des attaches profondes ou, en d'autres termes, que ces fibres en dépendent histologiquement et y prennent naissance.

Mais avant d'aller plus loin, disons quelques mots des réactions histo-chimiques de ces fibres :

Les auteurs qui se sont occupés de la nature des fibres zonulaires les ont considérées ou comme des fibres élastiques, ou comme des fibres conjonctives. D'aucuns ont noté, depuis bien longtemps, leur nature vitreuse, homogène et les ont considérées comme des fibres spéciales, ressemblant à la fois et aux fibres élastiques et aux fibres conjonctives. Récemment, Agababow les a décrites comme se rapprochant par leurs réactions des fibres névrogliales et des fibres élastiques.

Aucune des matières colorantes caractéristiques des fibres élastiques ne colore les fibres zonulaires.

Si les colorants du tissu collagène les teignent, cela ne prouve nullement leur nature conjonctive. Elles se laissent teindre aussi bien par les colorants basiques que par les colorants acides ; elles se teignent en noir par l'hématoxyline au fer. Elles sont indifférentes, pour ainsi dire, vis-à-vis des colorants.

D'ailleurs, et nous insistons sur ce point, une réaction colorante n'est nullement probante, dans le cas qui nous occupe ; c'est surtout l'étude de l'aspect, de la situation, des rapports, complétés, bien entendu, par les réactions colorantes, qui permet et motive une opinion. C'est parce qu'on a méconnu, ou négligé ces conditions, qu'on a été si longtemps sans savoir ce qu'est en réalité la zonule de Zinn.

De tout ce que nous venons de dire, il ressort nettement qu'on ne peut considérer les fibres de la zonule comme des fibres de Müller. Cette opinion de TERRIEN

est inexacte. Les fibres zonulaires n'ont ni protoplasma ni noyau ; ce qu'on a décrit comme tel n'est autre chose que des globules blancs, des lymphocytes en migration, comme il en existe partout dans l'économie. Il n'y a pas dans la rétine ciliaire de fibres de soutien comparables à celles qu'on trouve dans la rétine optique.

Dans l'œil de l'adulte, les fibres zonulaires apparaissent donc manifestement différentes des fibres du corps vitré.

Nous disons dans l'œil adulte, car chez l'embryon, ces différences ne sont pas aussi nettement visibles. A vrai dire, il semble que chez l'embryon, fibrilles du corps vitré et fibrilles zonulaires sont une seule et même chose. Elles ont les mêmes réactions et la même origine : les unes et les autres sont des productions ectodermiques, différenciées aux dépens de la vésicule oculaire secondaire. Il s'agit, bien entendu, ici des fibrilles du corps vitré secondaire, celui qui sera le corps vitré définitif. En un mot, la vésicule oculaire secondaire donne naissance, sur toute sa surface, à des formations fibrillaires qui, au niveau de la rétine ciliaire, présentent un épaissement et un aspect caractéristique : ce sont les fibres zonulaires ; partout ailleurs, ce sont les fines fibrilles du corps vitré. Les unes et les autres constituent l'immense *réseau exoplas-tique* des cellules de la vésicule oculaire secondaire.

Dans l'œil de l'adulte, le corps vitré, malgré les attaches évidentes qu'il contracte avec la rétine, tend à s'en séparer au niveau de l'*ora serrata*. Là, il se condense et forme à sa périphérie ce qu'on appelle la

membrane hyaloïde qui le sépare des fibres zonulaires.

Précisons, maintenant, quelques détails concernant les rapports des fibres zonulaires avec les cellules de la rétine ciliaire qui leur donnent naissance.

Pour cela, une simple préparation colorée à l'hémalun-éosine, ou mieux, par la méthode de Giemsa suffit.

Colorée par le mélange bleu-azur-éosine, une coupe de rétine ciliaire montre les noyaux et le protoplasme colorés en bleu, les fibres zonulaires en rose ou en rouge foncé, suivant l'intensité de la coloration. Par endroits, là où les fibres zonulaires forment des masses compactes de fibres serrées, elles se colorent en rouge foncé teinté de bleu.

La figure 1 de la planche II, représente l'aspect exact d'une coupe colorée par la méthode de Giemsa. Il s'agit, dans cette figure, d'une coupe de la rétine ciliaire, perpendiculaire en un point et tangentielle en un autre, à la surface du corps ciliaire.

De la couche des cellules claires (*E. C.*) part une quantité considérable de fines fibrilles, par endroits légèrement onduleuses et colorées en rose au niveau de leur émergence. Ce sont les fibres zonulaires. C'est dans cet épithélium qu'elles prennent naissance. Là est leur origine réelle (*O. F. Z.*).

Suivant les endroits que l'on considère, ces fibrilles apparaissent comme simplement accolées aux cellules claires, comme cela se voit en haut et à gauche de la figure ; ou bien comme formant un chevelu aux cellules qui leur donnent naissance, chevelu qui finit par se condenser et par former les grosses fibres zonulaires (*F. Z.*). Il semble que ces fibrilles proviennent de pré-

férence de la surface interne des cellules claires. Il n'en est rien. Car sur la même figure, mais sur l'épithélium représenté à droite du dessin, on voit, en plusieurs endroits, que ces fibrilles proviennent de plus loin. En certains endroits même, ces fibrilles semblent se prolonger jusqu'au tiers externe, autour de la zone nucléaire, et même jusqu'à la base de la cellule, de façon à toucher presque l'épithélium pigmentaire. En réalité, les fibrilles zonulaires entourent la cellule claire; à l'endroit où la coupe est tangentielle et où on ne voit que les cellules claires coupées en travers, il est facile de voir que les fibrilles zonulaires circonscrivent les cellules et proviennent des espaces intercellulaires. Ces fibrilles, sorties de l'épithélium, forment des fibres qui, arrivées dans la chambre postérieure, se réunissent en fibres plus volumineuses et vont s'insérer sur le cristallin, faisceau par faisceau.

Il est donc évident que les fibrilles zonulaires proviennent des cellules de la couche claire de la rétine ciliaire.

Pour avoir une idée plus précise des rapports de ces fibrilles avec les cellules claires, il est nécessaire de s'adresser à un animal albinos, pour éviter les causes d'erreur dues soit à la présence du pigment qui masque tout, soit aux manœuvres un peu brutales de la dépigmentation.

La figure 2 de la planche II montre que la couche des cellules claires est composée de cellules hautes, à noyau ovalaire et à protoplasma strié dans le sens de la hauteur de l'élément. Les cellules de la couche pigmentée (*C. P.*) sont des cellules aplaties, à noyau

volumineux et à protoplasma dense et homogène. La striation du protoplasma de l'épithélium clair n'est pas partout égale, elle manque même en certains endroits. Ce détail est très important à retenir ; en effet, ce n'est pas le protoplasma qui est strié, mais seulement la périphérie de la cellule. On peut parfaitement voir cette striation se prolonger en dehors des éléments cellulaires et se continuer avec les fibrilles zonulaires. Les cellules de la couche pigmentée ne prennent aucune part dans la formation des fibrilles zonulaires.

Un aspect analogue nous est donné par les figures 3 et 4 de la planche I.

Les cellules cylindriques hautes qui composent la couche des cellules claires montrent une série de fibrilles légèrement ondulées et colorées électivement en noir par l'hématoxyline au fer. Ces fibrilles ne se voient que sur les cellules claires. Les cellules pigmentaires (ici sans pigment) ne montrent rien de pareil. Ces fibrilles semblent prendre insertion sur la limitante externe de la rétine ciliaire. On les voit se continuer avec cette limitante et, suivant le sens de la coupe, elles apparaissent comme des épaissements de cette limitante, ou comme des points.

La figure 4 montre mieux encore ces rapports. On voit sortir d'entre les cellules claires un grand nombre de fibrilles qu'on peut suivre tout le long des éléments cellulaires. En faisant varier la mise au point sur une coupe de corps ciliaire d'un animal albinos (lapin blanc), on distingue d'autres fibres zonulaires, plus pâles que les précédentes situées profondément dans la coupe. Ce sont ces fibres pâles qui ont été dessinées —

telles qu'on les voit ordinairement — en gris clair. Ces fibres sont les mêmes que celles précédemment décrites, leur position dans un autre plan que celui des fibres colorées en noir, leur donne cette apparence.

De toute cette description, il résulte que les fibres zonulaires viennent manifestement de la couche des cellules claires, et ne vont pas plus avant dans le corps ciliaire, comme TERRIEN (1898) et METZNER (1903) l'ont admis.

Mais quel est le siège exact de ces fibrilles, sont-elles uniquement périphériques par rapport aux cellules? Faut-il admettre avec WOLFRUM (1908) que quelques-unes pénètrent et traversent le protoplasma lui-même?

Nous croyons, comme nous l'avons déjà dit, que ces fibrilles sont périphériques. C'est à la périphérie des cellules qu'on les voit le mieux. Les figures 3 et 4 de la planche I les montrent très nettement parce que, à ce niveau, les cellules ont été coupées à leurs périphéries. D'ailleurs, pour trancher la question, nous avons fait des coupes transversales de ces cellules. Dans ce cas, on voit que les fibres zonulaires naissent toutes des espaces intercellulaires, comme cela est représenté à la figure 5 de la planche I. La périphérie des champs cellulaires — polygonaux et individualisés chacun par un noyau —, se montre, comme striée. Cette striation correspond aux fibres zonulaires, qui ont été coupées ici, en travers. Quelques-unes de ces fibres ont été coupées, plus ou moins obliquement. elles apparaissent non plus, comme des points, mais comme des bâtonnets. On ne voit rien de semblable dans le protoplasma

des cellules claires, les fibrilles proviennent de l'exoplasme cellulaire : aucune fibrille ne traverse le protoplasma.

On ne doit donc pas admettre l'opinion de SCHOEN qui voit dans les fibres zonulaires une expansion protoplasmique des cellules de l'épithélium clair. Les fibres de la zonule ne sont pas formées de *protoplasma*, au sens que l'on donne habituellement à ce mot, elles se rapprochent beaucoup, par contre, de ce que l'on nomme les *formations cuticulaires*. WOLFRUM les considère comme telles, mais il prétend que leur seule origine est dans la limitante externe de la rétine ; cette membrane ne serait d'ailleurs pour lui qu'une ligne de « Kittleiste ». Nous estimons, d'après l'examen de nos préparations que, si des fibrilles zonulaires naissent très près de la limitante externe et peut-être même de celle-ci, il en existe un grand nombre qui tirent leur origine des plans cotés des cellules de l'épithélium clair. Et d'ailleurs, comment faut-il considérer la limitante externe de la rétine et quelle nature lui attribuer ? Bien que nous n'ayons pas de réactifs qui nous permettent de classer telle formation dans telle ou telle catégorie d'éléments, nous inclinons à penser que les limitantes interne et externe de la rétine sont constituées par l'exoplasme des cellules de l'épithélium clair, c'est-à-dire à les considérer comme des formations faisant partie intégrante des cellules, et non comme une membrane distincte d'elles.

Cette opinion se rapproche de celles de N. VAN DER STRICHT (1906), de O. VAN DER STRICHT (1909) et de LEBOUcq (1909) qu'ils ont formulées à la suite de leurs

recherches sur les limitantes de l'épithélium, auditif, olfactif et visuel: ce que ces limitantes ne sont pas des membranes, mais sont représentées dès l'origine par un ciment intercellulaire, les bandelettes obturantes.

WOLFRUM a observé en outre que certaines fibrilles zonulaires traversent le protoplasma des cellules de l'épithélium clair pour atteindre la limitante externe et que, du côté interne, le protoplasma se prolonge sur ces fibres leur formant des manteaux protoplasmiques qui les accompagnent à une certaine distance. Nos observations sont en désaccord sur ce point avec celles de WOLFRUM, nous n'avons pas vu de fibrilles zonulaires traversant le protoplasma proprement dit des cellules de l'épithélium clair, nous n'avons pas vu ce protoplasma accompagner les fibrilles à leur sortie de l'épithélium.

Nous croyons pouvoir dire que: limitantes externe et interne de la rétine ciliaire et fibrilles zonulaires sont deux formations exoplastiques des cellules de l'épithélium clair, les premières revêtent dans leur ensemble l'apparence des membranes, constituées en réalité par l'accolement des surfaces exoplastiques des faces externe et interne de cellules; les dernières naissent sous formes de fibrilles tenues sur toute la hauteur des plans cotés des mêmes cellules, s'accolent peu à peu à partir de leur sortie de l'épithélium pour donner les fibres zonulaires dont l'extrémité ira se perdre dans l'épaisseur de la cristalloïde.

CONCLUSIONS

I. — La rétine ciliaire, depuis son origine à l'*ora serrata*, jusqu'à sa terminaison dans l'angle cilio-irien, est formée par un épithélium composé par deux couches de cellules : l'externe et l'interne. La couche externe, ou assise des cellules pigmentées, n'est que la continuation du feuillet pigmentaire de la rétine. Elle n'offre au niveau du corps ciliaire aucune modification essentielle de sa structure. La couche interne, ou assise des cellules claires, résume en une seule assise les dix autres couches de la rétine.

II. — La couche externe ou pigmentée peut présenter des bourgeons épithéliaux pleins, saillants vers l'extérieur, formés par des cellules identiques à celles qui constituent la couche elle-même. Ces bourgeons, surtout nombreux chez l'homme, ont été décrits à tort comme des glandes sécrétant l'humeur aqueuse. Ils n'ont d'ailleurs aucune communication directe avec la chambre postérieure. La couche interne des cellules claires les sépare toujours de l'humeur aqueuse.

III. — La couche interne ou des cellules claires représente au niveau du corps ciliaire la totalité des

couches de la rétine. On ne doit donc pas y chercher la continuation de telle ou telle couche de cette même rétine. D'ailleurs il est difficile, sinon impossible, de voir sur les coupes cette transformation se faire au niveau de l'*ora serrata*. Il serait plus exact d'admettre que cette couche est tout simplement la partie distale de la vésicule oculaire primitive, ayant conservé son aspect initial d'épithélium cylindrique simple et non différenciée en vue d'une fonction visuelle.

IV. — Cette couche interne est composée par des cellules, dont la forme peut varier suivant l'endroit que l'on considère, ou suivant l'animal qu'on examine, mais dont la structure est toujours la même. Ces cellules apparaissent comme striées dans le sens de leur longueur. Cette striation est due aux fibres zonulaires. En outre, ces cellules sont manifestement des cellules douées de l'activité sécrétoire. La présence dans leur protoplasma de formations mitochondriales caractéristiques, de vésicules lipoïdes, de vacuoles incolores, probablement à cristoïdes; les variations dans la forme, la position, la chromaticité du noyau, enfin, les variations d'aspect de la cellule elle-même, motivent et justifient notre opinion, en réunissant les éléments principaux de la signalétique cytologique actuelle des cellules sécrétantes.

L'humeur aqueuse n'est pas du tout une lymphe ni une exsudation quelconque — non modifiée par la suite — des vaisseaux du corps ciliaire. C'est un produit de sécrétion de la rétine ciliaire.

La rétine ciliaire, et principalement la couche des

cellules claires, peut être considérée comme une barrière épithéliale active, séparant le milieu intérieur (circulation générale) de la chambre postérieure, c'est-à-dire de l'humeur aqueuse, milieu nutritif pour le cristallin.

V. — Ni la membrane limitante interne, ni la membrane limitante externe de la rétine ciliaire ne sont des membranes isolables, ou de véritables vitrées. Elles n'existent pas comme telles; elles sont simplement formées par l'accollement en surface de l'écorce protoplasmique épaissie sous forme de cuticule, des cellules formant l'ensemble de la couche interne de la rétine ciliaire. Nous considérons comme ayant même nature que ces deux limitantes, les fibrilles zonulaires. Nous proposons de dénommer l'ensemble de ces trois formations sous le nom de *formations exoplastiques* de la couche des cellules claires de la rétine ciliaire.

VI. — Les fibres de la zonule de Zinn ont toutes leur origine dans la couche claire de la rétine ciliaire. Elles naissent sur toute la surface de la rétine ciliaire, aussi bien dans le fond que sur les crêtes des procès ciliaires. Aucune d'elles ne provient du corps vitré.

VII. — Les fibres zonulaires ne sont pas simplement accolées à la limitante interne de la rétine ciliaire. Elles vont plus loin, mais ne dépassent pas la limitante externe. La couche externe ou pigmentée ne prend aucune part à leur formation.

VIII. — Les fibres zonulaires ne sont pas un prolongement protoplasmique des cellules de la couche interne des cellules claires. Elles ne traversent pas non plus le protoplasma de ces cellules. Elles n'ont exclusivement ni les réactions des fibres conjonctives, ni celles des fibres élastiques, ni enfin celles des fibres névrogliales. On ne doit donc pas les considérer comme des fibres conjonctives, ni comme des fibres élastiques, ni comme des fibres névrogliales, ni à plus forte raison, comme des fibres de Müller, auxquelles elles ne ressemblent aucunement.

IX. — Les fibrilles zonulaires naissent à la périphérie des territoires cellulaires de la couche interne de la rétine ciliaire ; sur les plans côtés de ces cellules. Ce sont des « formations exoplastiques de l'épithélium clair », produits de transformation ou d'élaboration du protoplasma ; elles naissent sous forme de fines fibrilles, qui s'accollent les unes aux autres, à leur sortie de l'épithélium pour former des fibres volumineuses qui sont les « fibres zonulaires ».

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

J. RENAULT

Vu :

LE DOYEN,

L. HUGOUNENQ

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 5 février 1910.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

P. JOUBIN

BIBLIOGRAPHIE

1866. ADAMUK, Manometrische Bestimmung des intraocularen Druckes (*Centr. f. d. Med. Wiss.*, 36).
1902. ACHARD (Ch.) et LÖEPER (M.), Passage du ferrocyanure de potassium dans l'humeur aqueuse en cas d'obstacle à l'élimination rénale (*C. R. Soc. de Biologie*, 15 mars, t. LIV, p. 338).
- 1901-1902. ADDARIO (J.), Sulla struttura del vitreo embrionale e dei neonati, sulla matrice del vitreo et sull'origine della zonula (*Ann. di Ottalmologia*, t. XXXI, p. 306).
1882. AEBY (Ch.), Der Canalis Petiti und die Zonula Zinnii beim Menschen und bei Wirbelthieren (*Arch. f. Ophth.*, t. XXVIII, p. 111-124).
1897. AGABABOW (A.), Untersuchungen über die Natur der Zonula ciliaris (*Arch. f. mikrosk. Anat.*, Bd. L, p. 563-588).
- AMMON (Von), Der Orbiculus capsulo-ciliaris, etc. (*Zeitchr. f. Ophth.*, Bd. I, cité d'après HUSCHKE).
1891. ANDERSON (St.), On the connexion between the suspensory ligament of the cristalline lens (*Proc. of the Roy. Society*, vol. XLIX, n° 298).
1903. ANGELUCCI (A.), Lois de sécrétion de l'humeur aqueuse et effets de leurs perturbations (*Archiv. Ital. de Biologie*, t. XXXIX, p. 169-192).
1905. ANGELUCCI (A.), Physiologie générale de l'œil, fonctions nutritives (*Encyclopédie franç. d'Ophthalmologie*, t. II, p. 2-59).
1832. ARNOLD (Fr.), *Anatom. und phys. Untersuch. über das Auge des Menschen*, Heidelberg, 1832.

1874. ARNOLD (J.), Die Linse und das Strahlenplättchen (*Hand. der Ges. Aug.*, t. I, p. 288).
1819. BARENS (B.-Fr.), *Diss. inaug. sistens lentis crystall. monogr. physiopath* (*Praes Gottl. Gmelin*, Tubingæ).
- 1904-1905. BEDNARSKI, Ueber die pathol.-anatom. Verander. der Zonula Zinni (*Arch. f. Augenhklde*, p. 227-248).
— BEER, cité d'après HUSCHKE (1845).
1899. BENDA (E.), Weitere Mitteilungen über die Mitochondria (*Verh. Berl. physiol. Ges.*; *Arch. An. Phys.*; *Phys. Abt.*, p. 376).
1903. BENDA (C.), Die Mitochondria (*Erg. Anat. u. Entwicklungsgesch.*, Bd. XII, Wiesbaden, p. 744-765).
1882. BERGER (E.), Beiträge zur Anatomie der Zonula Zinii (*Arch. f. Ophth.*, Bd. XXVIII, p. 28-62).
1886. BERGER (E.), Bemerkungen zur Zonula-frage (*Arch. f. Ophth.*, Bd. XXXI, p. 3).
1893. BERGER (E.), *Anatomie normale et pathologique de l'œil*, Masson, éd. Paris.
1896. BERGER (E.), Historische Bemerkungen zur Anatomie des Ora Serrata retinae (*Arch. f. Augenhkl.*, Bd. XXXII, p. 288).
1903. BERGER (E.), Anatomie générale de l'œil, in *Encycl. française d'Ophtalmologie*, t. I, p. 326-373, Paris, Doin, éd.
1859. BERNARD (Cl.), *Leçons sur les liquides de l'organisme*, t. II, p. 409, Paris, Baillière, éd.
1878. BERNARD (Cl.), *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Baillière, éd. Paris.
1832. BERZELIUS, *Lehrbuch der Chemie*. Übers. v. Wöhler, Reutlingen, IV, p. 442.
1906. BOTTAZZI (F.) et STURCHIO (E.), Sur l'origine de la pression oculaire (*Arch. di Ottal.*, vol. XIII, fasc. 5-6 et *Arch. it. de Biologie*, t. XLV, p. 198-206).
1883. BOUCHERON (E.), Sur l'épithélium aquipare et vitréipare des procès ciliaires, étude anatomique et pathologique (*Bull. et Mém. de la Société franç. d'Ophtalmol.*, t. I, p. 81-94).
1847. BOWMAN (W.), Leçons sur les parties intéressées dans les opérations qu'on fait sur l'œil, faites à l'Hôpital Royal de Moorfield (*Ann. d'Oculist.*, t. XXXIII, p. 69).

- BREWSTER, cité d'après LEBER (1904).
1847. BRUCKE (ERN.). *Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels*, Berlin, 1847, p. 33-35.
1879. BRAILEY (W.-A.), On the anatomy of the so-called pars ciliaris retinae and suspensory apparatur of the lens of the human eye. (*Guy's Hospital Report*, 3^e série, t. XXIV, p. 243)
1882. BRAILEY (W.-A.), Some points concerning the anatomy of ciliary body (*Briti. Med. Journ.*, n° 23, septembre).
1897. BUCHANAN (L.), The glands of the ciliary body (*Journ. of Anat. and Phys.*, vol. XXXI [nouv. série] vol. XI, p. 262).
1877. CHABBAS, Ueber die Sekretion des Umor aqueus in Bezug auf die Frage nach den Ursachen der Lymphbildung, (*Pflügers Arch.*, Bd. XVI, p. 143-153).
1876. CADIAT (L.-O.), *Du Cristallin* (Thèse d'agrégation, Paris).
1881. CADIAT (L.-O.), *Traité d'Anatomie générale*, t. II, p. 456-457, Paris.
1904. CANTONNET (A.), Essai de traitement du glaucome par les substances osmotiques (*Arch. d'Opht.*, t. XXIV, p. 1).
1904. CANTONNET (A.), Variations du volume de l'œil sain ou glaucomeux sous l'influence des modifications de la concentration moléculaire du sang (*Arch. d'Opht.*, t. XXIV, p. 193).
1905. CANTONNET (A.), *Contribution à l'étude des échanges osmotiques entre les humeurs intra-oculaires et le plasma sanguin* (Thèse de médecine, Paris, 1904-1905)
1906. CAVAZZANI (E.), Sur l'existence d'une mucine dans l'humeur aqueuse (*Arch. Ital. de Biologie*, vol. 46, p. 238).
1909. CHAMPY (Chr.), A propos des mitochondries des cellules glandulaires et des cellules rénales. (*C. R. Soc. de Biologie*, 30 janvier 1909, p. 185-186).
1909. CHAMPY (Chr.), Mitochondries et corps chromatoïdes des spermatogonies des Anoures (*C. R. Soc. de Biologie*, 6 février 1909, p. 215-217).
1876. CHRÉTIEN, *Choroïde et iris* (Th. agrégation, Paris).
1886. CLAEYS (G.), De la région ciliaire de la rétine et de la zonule de Zinn (*Bull. Acad. Roy. de Méd. de Belgique*, 3^e série, t. XX, p. 1301).

1888. CLAEYS (G.), De la région ciliaire de la rétine et de la zonule de Zinn (*Arch. de Biologie*, t. VIII, p. 623).
1889. CLELAND, *The Canal of Petit. Mem. and Memor. in Anatomy by Cleland, Mackey and Young.*
1828. CLOQUET (J.), *Anatomie de l'Homme*, t. III, p. 345-347, pl. CXXVI, fig. 7 et 8, Paris.
- 1890-1891. COLLINS (E. TREACHER), The glands of the ciliary body in the human eye. (*Trans. Ophth. Soc.*, vol. XI, p. 53.)
1896. COLLINS (E. TREACHER), The glands of the ciliary body, a reply to some recent criticisms concerning them (*Ophth. Review*, vol. XV).
1885. CZERMACK (W.), Zur Zonula frage (*Arch. f. Ophth.*, t. XXXI, 1).
1900. DAMIANOFF (G.), *Recherches histologiques sur la cristalloïde et sur la zonule de Zinn* (Thèse de médecine, Montpellier).
1898. DEGANELLO, voir MANCA.
1883. DESSAUER (E.), Zur Zonulafrage (*Klin. Monatsbl.*, p. 94).
1880. DEUTSCHMANN, Ueber die Quellen des Humor aqueus im Auge (*Graef's Arch. f. Ophth.*, vol. XXVI, n° 3, p. 117-134).
- DOLLINGER (Ign.), Uber das strahlenblätchen in menschlichen Auge (*Nov. Act. Phy. Med. Acad. (C. Z. Carolina naturæ curiosorum*, t. IX, p. 267, cité d'après ARNOLD).
1898. DRUAULT (A.), Note sur la situation des images rétiniennees formées par les rayons très obliques sur l'axe optique (*Arch. d'Ophth.*, novembre).
1904. DRUAULT (A.), Appareil de la vision (*Traité d'Anatomie de Poirier*, t. V, p. 1113-1115 et 1055-1061, Masson, éd. Paris).
1902. DUBREUIL (G.), Recherches sur quelques nouveaux procédés de coloration des éléments élastiques dérivés de la méthode de Weigert (*Bibliogr. Anatomique*, t. XI, p. 112-118).
1904. DUBREUIL (G.), le Picro-bleu (*C. R. de l'Association des Anatomistes*, VI^e Session, Toulouse).
1872. DUVAL (Math.), *Structure et usage de la rétine* (Thèse d'agrégation, Paris).

1902. EBNER (Von), in *Köllikers Handbuch der Gewebelehre des Menschen*, t. III, 2^e partie.
1906. FUCHS (E.), *Manuel d'ophtalmologie*, trad. franç., 3^e éd., p. 321, Paris.
1907. FOA (C.) et VITERBI (A.), Sur la cataracte diabétique expérimentale (*Arch. di Ottalmol. et Arch. Ital. de Biologie*, t. XLVIII, p. 14).
1908. FAURÉ-FREMIET (E.), Evolution de l'appareil mitochondrial dans l'œuf de *Julus Terrestris* (*C. R. Soc. de Biologie*, 13 juin, t. LXIV, p. 1057).
1908. FAURÉ-FREMIET (E.), Sur le « Strombidium Gyranis ». (*C. R. Assoc. des Anatomistes*, Marseille, p. 33-35).
1909. FAURÉ-FREMIET (E.), Sur les réactions de quelques mitochondries (*C. R. Acad. des Sciences*, 12 juillet 1909).
— GALIEN, *De Usu partibus*, lib. X, cap. 6.
1891. GARNIER (DE), Ueber den normalen und pathol. Zustand der Zonula Zinnii (*Arch. f. Augenhk.*, XXIV, et *Wiest. Opht.*).
1900. GARNIER (CH.), Contribution à l'étude de la structure et du fonctionnement des cellules glandulaires séreuses. Du rôle de l'ergastoplasme dans la sécrétion (*Journ. de l'Anat. et de la Physiol.*, n^o 1, p. 22-98, pl. I à III).
1886. GASTALDI, Nove ricerche sulla fisio-pathol. della secrezione del aqueo (*Ann. di Ottalmol.*, vol. XV, p. 429-437).
1902. GATTI (A.), Etude comparative entre les propriétés du sérum sanguin et les humeurs intra-oculaires (*Ann. di Ottalmol.*, vol. XXXI, p. 213).
1880. GERLACH, *Beiträge zur normalen Anatomie des menschlichen Auges*, Leipzig, p. 55.
1898. GOLOVINE, Recherches sur le poids spécifique de l'humeur aqueuse (*Wiestnik. Ophthalmologii*, n^o nov.-déc., p. 487).
1902. GRANDIS et MORET, Recherches sur la pression hydraulique de l'humeur aqueuse (*Arch. It. de Biologie*, t. XXXVII, et *Ann. di Ottalmol.*, vol. XXX, 1901, p. 871).
1900. GREEFF (N.), Die mikroskopische Anatomie des Sehnerven und der Netzhaut (*Graefe et Sæmich. Handb. der Gesamten Augenhk.*, Bd. I, p. 188).
1894. GRIFFITH (J.), Criticism concerning recent views as to the

- secretory function of the ciliary body (*Ophth., Review*, t. XIII, p. 247-258).
1888. GRÜNHAGEN, Zur Chemie des Humor aqueus (*Pflüger's Arch.*, XLI, p. 200).
1902. GURWITSCH, Zur Physiologie und morphologie der Nieren-thätigkeit (*Arch. f. d. Gesamt. Physiol.*, XCI, p. 71-1118).
1889. HACHE (E.), Sur l'hyaloïde et la zone de Zinn (*C. R. Soc. Biologie*, 8 juin).
1903. HAEMERS, Régénération du corps vitré (*Arch. d'Opht.*, vol. XXIII, p. 103-114).
1888. HAENSELL, *Recherches sur la structure et l'histogenèse du corps vitré* (Thèse méd., Paris).
- HALLER (ALB.), *Elementa physiologiæ*, t. V, lib. XVI, sect. II.
1876. HANNOVER (A.), *la Rétine de l'homme et des vertébrés*, Copenhague, p. 194.
1904. HAMBURGER (H.-J.), *Osmot. Druck und Ionenlehre*, III, p. 162-165, Wiesbaden.
- HÉDON, Cf. TRUC.
1865. HEIBERG (H.), Anat. und phys. des Zonula Zinni (*Arch. f. Ophth.*, XI, p. 168).
- 1841 et 1866. HENLE, *Allg. Anatomie*, p. 667 et *Eingeweidelehre*, p. 670.
1888. HEIDENHAIM (R.), Beiträge zur Histologie und Physiologie der Dünndarmschleimhaut (*Pflüger's Archiv*, Bd. XLIII, p. 1-98).
1907. HENDERSON (E) et LANE-CLAYTON (JANET), Study of the ciliary epithelium after puncture of the anterior chamber (*Roy. Lond. Ophth. Hospital Report*, t. XVII, part. I, p. 97-104, pl. III et IV).
1896. HENNEGUY (F.), *Leçons sur la cellule*, Paris, Carré, éditeur.
1883. HOCQUARD et MASSON (A.), Etude sur les rapports, la forme et le mode de suspension du cristallin à l'état normal et pathologique (*Archives d'Ophthalm.* t. III, p. 97-122).
1889. HOCQUARD, Physiologie, anatomie et pathologie de l'appar-

- reil accommodateur (*Bull. de l'Académie de médecine*, t. XXI, p. 879-883.)
1890. HOCQUARD, Voir JAVAL.
1845. HUSCHKE (E.), Traité de splanchnologie et des organes des sens, (*Encyclop. Anatom.*, trad. Jourdan, t. V, p. 674).
1876. IMRE (JOS.), Ein Beitrag zur Kenntniss vom Zusammenhange der Linsenkapsel mit der Hyaloïdea (*Klin. Monatsblät. f. Aughkde*, 14 Jahrb).
1873. IWANOFF (H.), The vitreous humour (*Stricker Handb.*, éd. anglaise, Sydenham Society, p. 345-356, London).
1890. JAVAL (E.), Mémoires d'ophtalmométrie, Masson, éd., Paris.
1880. JESNER, Der humor aqueus in seinen Beziehungen zu Blutdruck und Nervenreizung (*Pflüger's Arch.*, XXIII, p. 14-44).
1871. KESSLER, *Untersuchungen ueber die Entwick. des Auges am Huhnchen und Triton*, Dorpat.
1854. KÖLLIKER (A.), *Mikroskopische Anatomie*, p. 687, fig. 410.
1868. KÖLLIKER (A.), *Eléments d'histologie*, 2^e éd. franç. (5^e éd. allemande).
1902. KÖLLIKER (A.), *Handbuch der Gewebelehre des Menschen*, 6^e éd., t. III, 2^e partie, cf. VON EBNER.
1842. KRAUSE (W.), *Handbuch der Anatomie* (cité d'après HUSCHKE).
1887. KUHN, Zur Chemie des Humor aqueus (*Pflüger's Arch.*, vol. XLI, p. 200).
1881. KUNST (H.), Ueber eineige Altersverand. am menschlichen Auge (*XIII^e Vers. d. Ophth. Ges. Heidelberg*).
1895. KUNST, Beiträge zur Kentnis der Farbenzerstreuung und des osmot. Druckes einiger brechenden Medien des Auges (*Inaug. dissert. Freiburg*).
- 1905-1906. LAGUESSE (E.), le Pancréas (*Revue génér. d'Histologie*, t. I, fasc. 4 ; t. II, fasc. 5).
1907. LANE-CLAYPON (J.), Voir HENDERSON.
1903. LAUNOY (L.), *Contribution à l'étude des phénomènes nucléaires de la sécrétion* (Thèse de science, Paris).
- 1903-1904. LEBER (TH.), Die Cirkulations und Ernährungsverhältnisse des Auges, p. 1 à 534 (*Graefe Sæmich, Handb. der Gesam. Anghlk.*, t. II, fasc. 52-58).

1909. LEBOUCC (G.), Contribution à l'étude de l'histogénèse de la rétine chez les Mammifères (*Arch. d'Anat. Microsc.*, t. X, fasc. III et IV, p. 556-606, pl. XVII-XIX).
1821. LEIBLEN (V.), *Bemerk. über das System der Krystalline bei Saug. und Vögeln*, Würzburg.
1901. LODATO (G.), Influenza del sist. nerv. sulla costituzione dell'umore aqueo, influenza del sympat. cervicale (*Arch. di Ottalmol.*, IX, p. 105).
1906. LODATO (G.), Recherches sur le pouvoir oxydant des tissus et des humeurs de l'œil et sur les modifications du pouvoir oxydant de la rétine par action de la lumière et de l'obscurité (*Arch. Ital. de Biol.*, XLV, p. 220-222).
1854. LOHMEYER, Beiträge zur Histologie und Aetiologie der erworbenen Linsenstare (*Zeitchr. f. rat. med.*, v. V. Cité d'après LEBER, 1903-1904).
1887. LUKJANOW (M.), Beiträge zur Morphologie der Zelle, 1 Abt. (*Arch. v. Dubois-Reymond*).
1740. MAÎTRE-JAN (ANT.), *Traité des maladies de l'œil*, Paris.
1898. MANCA et DEGANELLO, la Force osmotique de l'humeur aqueuse, déduite de son pouvoir de conserver les globules rouges (*Arch. ital. de Biologie*, vol. XXX, p. 118).
1898. MANCA, la Force osmotique de l'humeur aqueuse déterminée au moyen des hématoctrites (*Arch. ital. de Biologie*, vol. XXX, p. 177).
1870. MANFREDI, Sulla struttura della parte ciliare della retina. (*Gaz. méd. Lomb.*, série 6, t. III, 1870).
1883. MASSON (ALB.). Voir HOCQUARD.
1908. MAWAS (J.), Sur la structure de la rétine ciliaire (*C. R. Acad. des Sciences*, 14 décembre 1908).
1908. MAWAS (J.), Recherches sur l'origine et la signification histologique des fibres de la zonule de Zinn (*C. R. de l'Association des Anatomistes*, Réunion de Marseille, avril 1908, p. 73-78).
1908. MAWAS (J.), Note sur l'origine des fibres de la zonule de Zinn (*C. R. Soc. de Biologie*, 13 juin 1908, t. LXIV, p. 1029-1030).
1909. MAWAS (J.), la Sécrétion de l'humeur aqueuse et la structure de la rétine ciliaire à l'état normal et pathologique

- (*Soc. d'ophtalmologie de Lyon*, 1^{er} mars 1909, et *Lyon méd.*, 1909).
1909. MAWAS (J.), la Structure de la rétine ciliaire et la sécrétion de l'humeur aqueuse (*C. R. Assoc. des Anatomistes*, 11^e réunion à Nancy, avril 1909, p. 280-85).
1909. MAWAS (J.), Lésions du corps ciliaire dans la cataracte sénile (*C. R. Soc. de Biologie*, 13 mars).
1909. MAWAS (J.), Contribution à l'étude de la pathogénie des cataractes en général et de la cataracte sénile en particulier. Les lésions du corps ciliaire dans la cataracte sénile (*Revue générale d'Ophtalmologie*, 30 novembre 1909, p. 481-85).
- 1908-1909. MAWAS (J.), Voir CL. REGAUD.
- 1908-1909. MAWAS (J.), Voir A. POLICARD.
1865. MEMORSKY, Experimentelle Beiträge zur Diffusion im Auge (*Arch. f. Ophth.*, XI, 2, p. 112-128).
1870. MERKEL, *Die Zonula ciliaris*, Leipzig, 1870.
1903. METZNER (R.), Kurze Notiz über Beobachtungen an dem ciliarkörper und dem Strahlenbändchen des Tierauges, 1 fig (*Verh. Naturf. Ges. Basel.*, vol. XVI, p. 481-492).
1900. MEVES (F.), Ueber den von La Valette Saint-Georges entdeckten Nebenkern (Mitochondrienkörper) der Samenzellen (*Arch. f. Mikr. Anat.*, vol. LVI, p. 553-606, pl. XXVI et XXVII et 2 fig. dans le texte).
1872. MICHEL, Beitrag zur näheren Kenntniss der hinteren Lymphbahnen des Auges (*Arch. f. Ophth.*, XVIII, 1, p. 127-154).
1886. MICHEL et WAGNER, Physiologisch-chemische Untersuchungen des Auges (*Arch. f. Ophth.*, XXXII, 2, p. 155-204).
- MILLON et WÖHLER, cité d'après LEBER (1904).
1902. MORET, Voir GRANDIS.
1857. MULLER (H.), Anatomische; physiologische Untersuchungen über die Retina des Menschen und der Wirbeltiere (*Zeitchr. f. wissench. Zoolog.*, VIII, 1, p. 124).
- 1890-1891. NICATI (W.), la Glande de l'humeur aqueuse, glande des procès ciliaires ou glande uvée (*Arch. d'Ophtalmologie*, X, p. 481-508 et XI, p. 24-52 et 152-174).

1904. NIEWERTH, *Die electrische Leifähigkeit des Humor aqueus*, Rostock.
1905. NUEL (N.), De la concentration moléculaire des liquides intraoculaires à l'état normal et pathologique (*Société belge d'Ophthalmologie*, 5 juin 1905).
1904. NUSSBAUM, Entwicklungsgeschichte des menschlichen Auges (*Graefe et Saemich Handb. f. Gesam. Augenhlk.*, 2^e éd., p. 41).
- ONFRAY, Cf. ROCHON-DUVIGNEAUD.
- PALLUCI, Cf. ARNOLD (1832).
1898. PANAS et ROCHON-DUVIGNEAUD, *Recherches anatomiques et cliniques sur le glaucome et les néoplasmes intraoculaires*, Masson, édit., Paris.
1842. PAPPENHEIM (S.), *Die specielle Gewebelehre des Auges*, Berlin.
- 1901-1904. PETERS (A.), Weitere Beiträge zur Pathologie der Linse (*Graefe's Arch. f. Ophth.*, XXXIX, 1, p. 40. — *Zeitschr. f. Aughkde*, IV, p. 89. — *Klinische Monats. f. Aughklde*, XXXIX. — *Opht. Gesselch. Heidelberg*).
1902. PETIT (A.) et GIRARD (J.), Sur la fonction sécrétoire et la morphologie des plexus choroïdes des ventricules latéraux du système nerveux central (*Arch. d'Anatomie micros.*, t. V, p. 213-264, pl. X).
1909. POLICARD (A.), Sur la structure des mitochondries (*C. R. Soc. Biologie*, 16 janvier 1909).
1909. POLICARD (A.) et MAWAS (J.), Mitochondries et cils vibratils (*C. R. Soc. Biologie*).
1898. PRENANT, BOUIN, MAILLARD, *Traité d'Histologie*, t. I. Masson, éd., Paris.
- 1883-1884. RANVIER (L.), Leçons d'anatomie générale sur le système glandulaire (*Journ. de Micrographie*).
1902. REGAUD (Cl.), Sur les variations de chromatité des noyaux dans les cellules à fonctions sécrétoires (*C. R. Soc. Biologie*, 11 janv. 1902).
1908. REGAUD (Cl.), Caractères histologiques généraux des enclaves lipoides ne réduisant pas l'acide osmique (*C. R. Soc. Biologie*, 14 nov., t. LXV, p. 436-438).
1908. REGAUD (Cl.), Sur les mitochondries de l'épithélium sémi-

- nal (*C. R. Soc. Biologie*, t. II, p. 566-568, 607-609, 660-662, 718-720).
1908. REGAUD (Cl.), Sur les mitochondries des cellules ciliées du tube urinaire. Ont-elles une relation avec la fonction motrice de ces cellules? (*C. R. Soc. Biologie*, t. LXV, p. 206-208).
1909. REGAUD (Cl.) et MAWAS (J), Sur la structure du protoplasma (Ergastoplasma, Mitochondries, Grains de ségrégation) dans les cellules séro-zymogènes des acinis et dans les cellules des canaux excréteurs de quelques glandes salivaires des Mammifères. Résumé (*C. R. Association des Anatomistes*, 11^e réunion, Nancy, avril 1909, p. 220-237).
1894. RETZIUS (G.), *Ueber den Bau des Glaskörpers und der zonula Zinii in dem Auge des Menschen und einiger Thiere. Biolog. Untersuch.*, neue Folge, VI, n^o 9, p. 67-87, pl. XXVIII-XXXII.
1898. ROCHON-DUVIGNEAUD, Voir PANAS.
1895. ROCHON-DUVIGNEAUD, *Précis iconographique d'anatomie normale de l'œil*, Paris.
1904. ROCHON-DUVIGNEAUD et ONFRAY, Expériences préparatoires à la recherche des variations de concentration des liquides intra-oculaires et de leur influence sur la tension de l'œil (*Soc. d'Opht. de Paris*, 5 juillet 1904).
1830. ROSAS (A.), *Handb. der Augenheilkunde*, t. I, p. 8, Wien.
1767. SAINT-YVES, *Nouveau Traité des maladies des yeux*, Amsterdam.
1900. SALZMANN (M.), *Die Zonula ciliaris und ihre Verhältnis zur Umgebung. Eine anatomische Studie*, Wien.
1877. SAPPEY, *Traité d'anatomie descriptive*, t. III, p. 804 et s., 3^e éd., Paris.
1907. SCALINCI (N.), De la nature et du mécanisme de production du liquide endo-oculaire (*Arch. d'Opht.*, p. 391, juin 1907).
1881. SCHÖLER et UTHOFF, Das Fluorescein in seiner Bedeutung für den Flüssigkeitswechsel des Auges (*Jahresh. über d. Wirksamkeit. d. Angenklinik*, p. 52-79).
1881. SCHÖLER et UTHOFF, Ueber den Einfluss der Nerven auf

- die Absonderung des Kammerwassers (*Jahrb. über d. Wirksamkeit. d. Augenkl. n. k.*, p. 80-89).
1895. SCHOEN (W.), Zonula und ora serrata (*Anat. Anzeiger*, p. 360).
1901. SCHOEN (W.), l'Accommodation dans l'œil humain (*Arch. d'opht.*, p. 81).
1908. SCHNEIDER (RUD.), Ueber die Präexistenz des Alexins im zirkulierenden Blut (*Arch. f. Hygiene*, p. 305).
1873. SCHULTZE (M.), Anatomie de la rétine (*Stricker Handb.*, éd. anglaise, Londres, *Sydenham Society*).
1899. SCHULTZE (O.), Mikroskopische Anatomie der Linse und des Strahlenbändchens (*Græfe-Sämisch. Handb. ges. Augenheilk.*, p. 30).
1870. SCHWALBE, Die Lymphbahnen des Auges (*Arch. f. Mikrosk. Anat.*, VI, p. 325).
1874. SCHWALBE, Anatomie de la rétine. (*Græfe-Sämisch Handb.*, 1^{re} éd., p. 437).
1902. SPEE (VON), Ueber den Bau der Zonulafasern und ihre Anordnung im menschlichen Auge (*Verh. Anat. Gesell.*, 16 vers., Halle, p. 236-241).
1906. STURCHIO, Voir BOTTAZZI.
1898. TERRIEN (F.), *Recherches sur la structure de la rétine ciliaire et l'origine des fibres de la zonule de Zinn* (Thèse médecine, Paris).
1899. TERRIEN (F.), Mode d'insertion des fibres zonulaires sur le cristallin et le rapport de ces fibres entre elles (*Arch. d'Oph.*, t. XIX, p. 250-257).
1891. TOPOLANSKI, Ueber Bau der Zonula und Umgebung nebst Bemerkungen über das albinotische Auge (V. Graefe, *Arch. f. Ophth.*, XXXVII, n° 1, p. 28-61, pl. I-III).
1906. TOUFESCO (Sophie), *Sur le cristallin normal et pathologique* (Thèse médecine, Paris).
1901. TRANTAS, Ophtalmoscopie de la région ciliaire et rétro-ciliaire (*Gaz. médic. d'Orient et Ann. d'Ocul.*, t. CXXVIII, p. 391, 1902).
1907. TRANTAS, Ophtalmoscopie de la région ciliaire et rétro-ciliaire (*Arch. d'opht.*, t. XXVII, p. 651).
1894. TRUC (A.) et HÉDON, Sur la présence du glycose dans l'œil

- normal et pathologique (*Bull. Soc. franç. d'ophth.*, vol. XII, p. 185).
1882. UHTHOFF, Voir SCHÖLER.
1898. ULRY (E.), la Nutrition du cristallin (*Arc. d'ophth.*, t. XVIII, p. 145).
- 1836-1837. VALENTIN, D. *Repertorium* (cité d'après ARNOLD).
1904. VALENTI (E.), Recherches expérimentales sur le pouvoir hémolytique de l'humeur vitrée et de l'humeur aqueuse (*Arch. di Ottalmologia*, t. X).
1906. VAN DER STRICHT (N.), l'Histogénèse des parties constituantes du neuro-épithélium acoustique, des taches et des crêtes acoustiques et de l'organe de Corti (*Arch. de Biologie*, t. XXIII, fasc. IV, p. 541).
1909. VAN DER STRICHT (O.), le Neuro-épithélium olfactif et sa membrane limitante interne (*Mémoire de l'Ac. Roy. de Belgique*, t. II, fasc. II, p. 1-45, pl. I et II).
1885. VIRCHOW (H.), Ueber den Bau der Zonula und des Petit'schen Kanales (*Arch. f. Anat. und Phys., Physiol. Abt.*).
1885. VIRCHOW (H.). Ueber Form und Falten des Corpus ciliare bei Säugetieren (*Morpholog. Jahrb.*, X, p. 437).
1903. VENNEMAN, Anatomie et physiologie du tractus uvéal, (*Encyclop. franç. d'Ophthalmologie*, t. I, p. 434-498).
1907. VITERBI, Voir FOA.
1901. WAELE (H. DE), Recherches sur l'anatomie comparée de l'œil des Vertébrés (*Journ. Int. d'Anat. et de Physiologie*, t. XIX, p. 1).
1775. WINSLOW, *Traité de la Teste (Exposition anatomique de la structure du corps humain*, t. III, 1^{re} partie, p. 498 et suiv., Paris).
1886. WAGNER, Voir MICHEL.
- WEBER, *Über das Strahlenblättchen*, p. 6 (cité d'après ARNOLD).
1908. WOLFRUM (M.), Ueber Ursprung und Ansatz der Zonulafasern im menschlichen Auge (V. Græfe, *Arch. f. Ophth.*, LXIX, n° 1, p. 148-171, pl. XVI).
1775. ZINN (J.-G.), *Descriptio anatomica oculi humani iconibus illustrata* Cap. IV, *De humore vitreo*, p. 123 et suiv., apud videam Abrami Vandenhoeck, Gottingæ.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	I
CHAPITRE PREMIER. — Description anatomique sommaire de la région ciliaire de la rétine.	9
CHAPITRE II. — Historique général de la région ciliaire de la rétine	21
CHAPITRE III. — Recherches personnelles.	46
CONCLUSIONS.	101
BIBLIOGRAPHIE	105
EXPLICATION DES PLANCHES	119

